
CAD/CAM/CAE工程应用丛书 SolidWorks系列

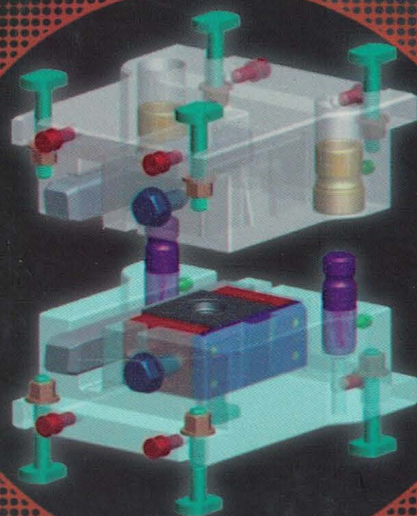
SolidWorks 2013 机械设计从入门到精通

第2版

张忠将 等编著

本书核心内容包含

- 草图绘制
- 特征建模
- 参考几何体和特征编辑
- 曲线与曲面建模
- 装配
- 出二维工程图
- 钣金设计
- 焊件设计
- 模具设计
- 动画制作
- 综合实例——设计航模发动机




附赠超值 DVD ROM 光盘
视频操作+范例素材





机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



VISIT…

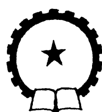
LANZAROTE Caliente.COM

CAD/CAM/CAE 工程应用丛书 · SolidWorks 系列

SolidWorks 2013 机械设计从入门到精通

第 2 版

张忠将 等编著



机 械 工 业 出 版 社

本书结合 SolidWorks 的实际用途，由浅入深，从易到难，全面详尽地讲解了 SolidWorks 2013 机械设计从入门到精通的各方面知识。本书共 12 章，主要内容包括：SolidWorks 基础、草图绘制、特征建模、参考几何体和特征编辑、曲线与曲面建模、装配、工程图、钣金设计、焊件设计、模具设计、动画制作、综合实例等。

本书每部分都配有典型实例，让读者对该部分的内容有一个实践演练和操作的过程，以加深对书中知识点的掌握。在本书附带的学习光盘中配有素材、素材操作结果、习题答案和演示视频等。

本书内容全面、条理清晰、实例丰富，可作为大中专院校相关专业的教材，也可作为广大工程技术人员和广大在校师生的自学参考书。

图书在版编目（CIP）数据

SolidWorks 2013 机械设计从入门到精通 / 张忠将等编著. —2 版. —北京：机械工业出版社，2013.11

（CAD/CAM/CAE 工程应用丛书）

ISBN 978-7-111-44546-3

Ⅰ. ①S… Ⅱ. ①张… Ⅲ. ①机械设计－计算机辅助设计－应用软件

Ⅳ. ①TH122

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2013）第 253685 号

机械工业出版社（北京市百万庄大街 22 号　邮政编码 100037）

策划编辑：张淑谦

责任编辑：吴鸣飞

责任印制：杨　曦

保定市中画美凯印刷有限公司印刷

2014 年 1 月第 2 版 • 第 1 次印刷

184mm×260mm • 30.5 印张 • 758 千字

0001－4000 册

标准书号：ISBN 978-7-111-44546-3

ISBN 978-7-89405-211-7（光盘）

定价：82.00 元（含 1DVD）

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

电话服务	网络服务
社服务中心：（010）88361066	教 材 网：http://www.cmpedu.com
销 售 一 部：（010）68326294	机工官网：http://www.cmpbook.com
销 售 二 部：（010）88379649	机工官博：http://weibo.com/cmp1952
读者购书热线：（010）88379203	**封面无防伪标均为盗版**

出版说明



随着信息技术在各领域的迅速渗透，CAD/CAM/CAE 技术已经得到了广泛的应用，从根本上改变了传统的设计、生产、组织模式，对推动现有企业的技术改造、带动整个产业结构的变革、发展新兴技术、促进经济增长都具有十分重要的意义。

CAD 在机械制造行业的应用最早，使用也最为广泛。目前其最主要的应用涉及机械、电子、建筑等工程领域。世界各大航空、航天及汽车等制造业巨头不但广泛采用 CAD/CAM/CAE 技术进行产品设计，而且投入大量的人力、物力及资金进行 CAD/CAM/CAE 软件的开发，以保持自己技术上的领先地位和国际市场上的优势。CAD 在工程中的应用，不但可以提高设计质量。缩短工程周期，还可以节约大量建设投资。

各行各业的工程技术人员也逐步认识到 CAD/CAM/CAE 技术在现代工程中的重要性，掌握其中的一种或几种软件的使用方法和技巧，已成为他们在竞争日益激烈的市场经济形势下生存和发展的必备技能之一。然而，仅仅知道简单的软件操作方法是远远不够的，只有将计算机技术和工程实际结合起来，才能真正达到通过现代的技术手段提高工程效益的目的。

基于这一考虑，机械工业出版社特别推出了这套主要面向相关行业工程技术人员的“CAD/CAM/CAE 工程应用丛书”。本丛书涉及 AutoCAD、Pro/ENGINEER、Creo、UG、SolidWorks、Mastercam、ANSYS 等软件在机械设计、性能分析、制造技术方面的应用和 AutoCAD、天正建筑 CAD 软件在建筑及室内配景图、建筑施工图、室内装潢图、水暖施工图、空调布线图、电路布线图以及建筑总图绘制等方面的应用。

本套丛书立足于基本概念和操作，配以大量具有代表性的实例，并融入了作者丰富的实践经验。本套丛书具有专业性强、操作性强、指导性强的特点，是一套真正具有实用价值的书籍。

机械工业出版社

前　言

SolidWorks 是一款重要的机械设计和制造软件，熟练掌握这款软件，无疑可以缩短研发时间、提高生产效率。SolidWorks 的主要优点包括：一是好用，二是易用，三是价格实惠，所以我国的很多企业都使用这款软件，具有很高的普及率。作为机械设计工程人员，掌握 SolidWorks 已成为普遍的一项要求。

为了让广大读者可以快速全面地掌握这款软件，本书语言精炼、简明，内容由浅入深，叙述详尽，并充分结合实际操作，对一些 SolidWorks 中不易理解的功能进行重点分析和讲解，减少读者的疑问。本书力求实用，着力避免“眼高手低”的情况发生（如“讲座听得懂，看书看得懂，但却不会操作”），因此配有大量的精彩实例和练习，这些实例和练习既操作简单，又很有趣味性和挑战性，能够让读者“寄学习于娱乐中”，全面掌握该软件的功能，还可以应用于实践，能够真正全面地掌握 SolidWorks 的使用方法。

本书在内容安排上循序渐进、由浅入深，全书共分为 12 章，其中第 1 章介绍 SolidWords 的基础知识，就像是介绍 Windows 的功能一样简单易懂；第 2 章介绍了草图绘制的方法，草图是构建三维模型的基础，除了各种线、多边形和文字等的绘制方法外，添加尺寸和几何关系是这部分的重点；第 3 章介绍了创建实体特征的方法，包括基础特征和附加特征两种；第 4 章介绍了特征的编辑方法，即对特征的修改和复制等；第 5 章介绍了曲线与曲面的建模方法，使用曲线和曲面可以创建更加复杂的模型；第 6 章介绍了组件装配的过程，装配可用于检测零件设计是否合理等；第 7 章介绍了工程图的创建，工程图可在加工时使用；第 8 章介绍了钣金的设计方法，钣金具有特殊的物理特性，所以需要特殊的设计流程；第 9 章为焊件设计，是应用焊接机器人执行焊接操作的基础；第 10 章为模具设计，是注塑模具设计和加工的基础；第 11 章介绍了动画的创建操作；第 12 章为综合实例，介绍了航模发动机的设计过程。

本书光盘中带有操作视频、模型素材、范例设计结果和练习题设计结果等内容。利用光盘中的这些素材和多媒体文件，读者可以轻松愉悦地学习 SolidWorks 的各项功能。

本书主要由张忠将编写，此外参加编写的还有张兵兵、李敏、陈方转、计素改、王崧、王靖凯、贾洪亮、张小英，在此表示衷心的感谢。

由于 CAD/CAM/CAE 技术发展迅速，加之编者水平有限，书中疏漏之处在所难免，敬请广大专家、读者批评指正和交流。

编　者

目　　录



出版说明
前言
第 1 章　SolidWorks 2013 基础……1
1.1　SolidWorks 概述……1
1.1.1　SolidWorks、AutoCAD、Creo、UG 和 CATIA 的比较……1
1.1.2　SolidWorks 的设计流程……2
1.1.3　SolidWorks 的特征建模方式……3
1.1.4　SolidWorks 特征间的关系……4
1.1.5　SolidWorks 的 Windows 功能……4
1.2　文件基本操作……5
1.2.1　新建文件……5
1.2.2　打开和导入文件……6
1.2.3　保存、导出与关闭文件……7
1.2.4　文件间的切换……8
实例精讲——自定义尺寸标准和视区背景……8
1.3　SolidWorks 工作界面……10
1.3.1　菜单栏和工具栏……10
1.3.2　导航控制区……12
1.3.3　绘图工作区和状态栏……13
实例精讲——自定义工具栏……14
1.4　视图调整方法……16
1.4.1　利用鼠标和按键调整视图的方法……16
1.4.2　利用工具按钮调整视图……17
1.4.3　利用“视图”菜单命令调整视图……21
实例精讲——视图调整练习……22
1.5　SolidWorks 对象操作和管理……24
1.5.1　创建对象……24
1.5.2　选择对象……25
1.5.3　删除对象……28
1.5.4　隐藏对象……29
实例精讲——绘制工件……29
1.6　本章小结……32
1.7　思考与练习……32
第 2 章　草图绘制……34
2.1　草图基本操作……34
2.1.1　进入和退出草绘环境……34
2.1.2　草图工具栏……35
2.2　草图绘制实体……36
2.2.1　直线……36
2.2.2　中心线……38
2.2.3　矩形……39
2.2.4　多边形……41
2.2.5　圆……43
2.2.6　圆弧……44
2.2.7　椭圆……45
2.2.8　椭圆弧……46
2.2.9　抛物线……47
2.2.10　槽口线……48
2.2.11　样条曲线……49
2.2.12　文字……51
2.2.13　点……52
实例精讲——“多孔垫”草图绘制……53
2.3　草图绘制工具……56
2.3.1　绘制圆角……56
2.3.2　绘制倒角……57
2.3.3　等距实体……58
2.3.4　转换实体引用……60
2.3.5　剪裁实体……60
2.3.6　延伸实体……63

2.3.7 分割实体 ……63
2.3.8 构造几何线 ……63
2.3.9 镜像实体 ……64
2.3.10 阵列实体 ……65
2.3.11 移动实体 ……66
2.3.12 旋转实体 ……67
2.3.13 缩放实体 ……67
2.3.14 伸展实体 ……68
2.3.15 检查草图合法性 ……68
实例精讲——“扳手”草图绘制 ……69
2.4 标注尺寸和几何关系 ……75
2.4.1 标注尺寸 ……75
2.4.2 几何关系 ……78
实例精讲——“手柄”草图绘制 ……82
2.5 本章小结 ……86
2.6 思考与练习 ……86
第 3 章 特征建模 ……88
3.1 拉伸特征 ……88
3.1.1 “拉伸凸台/基体”的操作过程 ……89
3.1.2 “拉伸凸台/基体”的参数设置 ……90
3.1.3 “拉伸切除”特征 ……94
实例精讲——“链轮”设计 ……95
3.2 旋转特征 ……96
3.2.1 “旋转凸台/基体”的操作过程 ……97
3.2.2 “旋转凸台/基体”的参数设置 ……97
3.2.3 “旋转切除”特征 ……98
实例精讲——“活塞”设计 ……99
3.3 扫描特征 ……102
3.3.1 简单“扫描”特征的操作过程 ……103
3.3.2 引导线“扫描”特征的操作过程 ……104
3.3.3 “扫描”特征的参数设置 ……105
3.3.4 “扫描切除”特征 ……108
实例精讲——使用“几何关系”控制扫描 ……109
3.4 放样特征 ……110
3.4.1 简单“放样”特征 ……111
3.4.2 引导线“放样”特征 ……112
3.4.3 “放样”特征的参数设置 ……113
实例精讲——“挂钩”设计 ……115
3.5 筋特征 ……118
实例精讲——给“螺钉孔”创建补强筋 ……118
3.6 孔特征 ……120
3.6.1 简单直孔 ……120
3.6.2 异型孔向导 ……121
实例精讲——设计“泵盖” ……122
3.7 倒角/圆角特征 ……125
3.7.1 倒角 ……125
3.7.2 “倒角”的参数设置 ……126
3.7.3 圆角 ……127
3.7.4 “圆角”的参数设置 ……128
3.8 抽壳特征 ……131
实例精讲——“特殊盘体”抽壳 ……132
3.9 拔模特征 ……134
3.9.1 中性面拔模 ……135
3.9.2 分型线拔模和阶梯拔模 ……135
3.9.3 “拔模”的参数设置 ……137
实例精讲——“传动轴”拔模 ……137
3.10 非常用附加特征 ……139
3.10.1 圆顶特征 ……139
3.10.2 自由形特征 ……140
3.10.3 变形特征 ……142
3.10.4 压凹特征 ……144
3.10.5 弯曲特征 ……144
3.10.6 包覆特征 ……146
3.10.7 加厚特征 ……146
实例精讲——设计“螺旋桨” ……146
3.11 本章小结 ……149
3.12 思考与练习 ……149
第 4 章 参考几何体和特征编辑 ……153
4.1 参考几何体 ……153
4.1.1 基准面 ……153

4.1.2 基准轴……154
4.1.3 坐标系……155
4.1.4 点……156
4.2 常用的特征编辑操作……157
4.2.1 压缩/解除压缩……157
4.2.2 编辑特征参数……158
4.2.3 动态修改特征……159
4.3 镜向与阵列……159
4.3.1 线性阵列……160
4.3.2 圆周阵列……162
4.3.3 镜向……163
4.3.4 曲线驱动的阵列……164
4.3.5 草图驱动的阵列……166
4.3.6 表格驱动的阵列……167
4.3.7 填充阵列……169
实例精讲——设计机罩……171
实例精讲——设计高尔夫杆……172
4.4 本章小结……174
4.5 思考与练习……174
第 5 章　曲线与曲面建模……176
5.1 创建曲线……176
5.1.1 投影曲线……176
5.1.2 分割线……178
5.1.3 组合曲线……180
5.1.4 通过 XYZ 点的曲线……180
5.1.5 通过参考点的曲线……182
5.1.6 螺旋线/涡状线……183
实例精讲——设计“绞龙”……184
实例精讲——设计“双曲面搅拌机”……186
5.2 创建曲面……190
5.2.1 拉伸、旋转、扫描和放样曲面……190
5.2.2 边界曲面……191
5.2.3 填充曲面……196
5.2.4 平面区域……198
5.2.5 等距曲面……199
5.2.6 直纹曲面……199
实例精讲——设计“喷嘴”……202
5.3 编辑曲面……207
5.3.1 延伸曲面……207
5.3.2 圆角曲面……208
5.3.3 缝合曲面……208
5.3.4 剪裁曲面……210
5.3.5 解除剪裁曲面……211
5.3.6 删除面……212
5.3.7 替换面……213
5.3.8 移动复制曲面……213
实例精讲——设计“电吹风”……214
5.4 本章小结……221
5.5 思考与练习……221
第 6 章　装配……223
6.1 装配基础……223
6.1.1 导入零部件……223
6.1.2 零件配合……225
6.2 装配编辑……229
6.2.1 阵列零部件……230
6.2.2 移动零部件……231
6.2.3 显示隐藏零部件……232
实例精讲——装配“轴承座”……233
实例精讲——装配“膜片弹簧离合器”……238
6.3 创建爆炸图……243
6.3.1 建立爆炸视图……243
6.3.2 爆炸直线草图……244
实例精讲——装配“减速器”并创建爆炸视图……245
6.4 装配体的干涉检查……248
6.4.1 干涉检查……248
6.4.2 孔对齐……249
6.4.3 间隙验证……249
6.4.4 AssemblyXpert……250
实例精讲——装配并检查“汽车制动器”……250

6.5 本章小结 ······252
6.6 思考与练习 ······252
第 7 章 工程图 ······255
7.1 工程图概述 ······255
7.1.1 工程图的组成要素 ······255
7.1.2 工程图环境的模型树和主要工具栏 ······257
7.1.3 简单工程图的创建 ······258
7.2 建立视图 ······260
7.2.1 模型视图 ······260
7.2.2 标准三视图 ······263
7.2.3 投影视图 ······264
7.2.4 辅助视图 ······264
7.2.5 剖面视图 ······265
7.2.6 局部视图 ······269
7.2.7 断开的剖视图 ······270
7.2.8 断裂视图 ······270
7.2.9 剪裁视图 ······271
7.2.10 交替位置视图 ······272
实例精讲——绘制“三爪卡盘”工程图 ······273
7.3 编辑视图 ······276
7.3.1 编辑视图边线 ······276
7.3.2 更新视图 ······277
7.3.3 移动视图 ······277
7.3.4 对齐视图 ······278
7.3.5 旋转视图 ······279
7.3.6 隐藏/显示视图 ······279
实例精讲——绘制“泵盖”工程图 ······280
7.4 标注工程图 ······285
7.4.1 尺寸标注 ······285
7.4.2 尺寸公差 ······286
7.4.3 形位公差 ······287
7.4.4 孔标注 ······289
7.4.5 表面粗糙度 ······290
7.4.6 插入中心线和中心符号线 ······290
7.4.7 插入表格 ······291
实例精讲——标注“旋锁”工程图 ······293
7.5 设置和打印输出工程图 ······298
7.5.1 工程图选项设置 ······298
7.5.2 创建图样模板 ······299
7.5.3 打印工程图 ······301
实例精讲——设计和打印装配工程图 ······302
7.6 本章小结 ······306
7.7 思考与练习 ······306
第 8 章 钣金设计 ······309
8.1 钣金基础 ······309
8.1.1 钣金设计方式 ······309
8.1.2 钣金术语和其意义 ······310
8.1.3 认识钣金设计树和钣金工具栏 ······312
8.2 钣金设计 ······313
8.2.1 基体-法兰/薄片 ······313
8.2.2 转换到钣金 ······314
8.2.3 边线法兰 ······315
8.2.4 斜接法兰 ······318
8.2.5 褶边 ······318
8.2.6 转折 ······319
8.2.7 放样的折弯 ······319
实例精讲——连接杆的钣金设计 ······320
8.3 钣金编辑 ······324
8.3.1 绘制的折弯 ······324
8.3.2 闭合角 ······324
8.3.3 焊接的边角 ······325
8.3.4 断开边角/边角剪裁 ······326
8.3.5 展开与折叠 ······327
8.3.6 切口与折弯 ······327
8.3.7 成形工具 ······328
实例精讲——硬盘架的钣金设计 ······328
8.4 本章小结 ······335
8.5 思考与练习 ······335

第 9 章　焊件设计……338
9.1　焊件概述……338
9.1.1　焊件工具栏……339
9.1.2　焊件特征……339
9.2　结构构件……340
9.2.1　添加结构构件……340
9.2.2　关于结构构件的路径草图……342
9.2.3　边角处理……343
9.2.4　自定义结构构件的轮廓……345
9.2.5　剪裁/延伸结构构件……346
实例精讲——焊接座椅……348
9.3　附加焊件……353
9.3.1　焊缝……354
9.3.2　角撑板……355
9.3.3　顶端盖……356
实例精讲——创建自行车三脚架……357
9.4　其他焊件功能……361
9.4.1　切割清单与焊件工程图……361
9.4.2　焊接表的创建……369
9.4.3　子焊件……369
实例精讲——沙滩车车架焊接件设计……370
9.5　本章小结……376
9.6　思考与练习……376
第 10 章　模具设计……378
10.1　模具设计基础……378
10.1.1　模具设计的简单概念……379
10.1.2　模具设计工具条……381
10.1.3　SolidWorks 中模具设计的基本流程……382
实例精讲——相机盖分模操作……383
10.2　分模前的分析操作……386
10.2.1　拔模分析……386
10.2.2　底切分析……388
10.2.3　分型线分析……389
实例精讲——手柄模具分析……390
10.3　分模前的整理操作……392
10.3.1　分割线……392
10.3.2　拔模……393
10.3.3　移动面……393
10.3.4　比例缩放……394
实例精讲——安全帽分模操作……395
10.4　分模操作……398
10.4.1　分型线……398
10.4.2　关闭曲面……400
10.4.3　分型面……401
10.4.4　切削分割……402
10.4.5　型芯……404
实例精讲——创建手机壳注塑模具……406
10.5　本章小结……414
10.6　思考与练习……414
第 11 章　动画制作……417
11.1　运动算例操作界面……417
11.2　动画向导……418
11.2.1　旋转零件动画……418
11.2.2　制作爆炸或装配动画……420
11.2.3　保存动画……421
实例精讲——“产品展示”动画模拟……422
11.3　“手动”制作动画……423
11.3.1　调整动画对象的起始方位……423
11.3.2　简单“关键帧”的调整……424
11.3.3　对象的显示、隐藏和颜色变换动画……425
11.3.4　马达的添加和使用……426
实例精讲——“挖掘机”动画模拟……427
11.4　复杂动画制作……429
11.4.1　路径动画……429
11.4.2　相机动画……430
11.4.3　齿轮动画……432
11.4.4　带轮动画……433
11.4.5　“拧螺钉”动画……434

11.4.6 参数关联动画 ………………………434
11.4.7 “方程式”动画 ……………………435
实例精讲——“滑轮吊物”动画模拟 ……………………………………436
实例精讲——“仿真弹簧”动画模拟 ……………………………………438
11.5 本章小结………………………………439
11.6 思考与练习……………………………439
第 12 章 综合实例——设计航模发动机 ………………………………441
12.1 航模发动机概述……………………441
12.1.1 航模发动机结构和设计说明………441
12.1.2 航模发动机设计思路………………443
12.2 航模发动机的主要设计过程 …………………………………444
12.2.1 汽缸的建模关键……………………444
12.2.2 消音器建模关键……………………453
12.2.3 化油器建模关键……………………456
12.2.4 螺旋桨建模关键……………………459
12.3 航模发动机的装配…………………461
12.3.1 汽缸装配……………………………462
12.3.2 消音器装配…………………………464
12.3.3 化油器装配…………………………464
12.3.4 模型总装……………………………465
12.3.5 创建爆炸视图………………………466
12.4 绘制航模工程图……………………468
12.4.1 创建发动机曲轴工程图……………468
12.4.2 创建发动机装配工程图……………472
12.5 渲染发动机…………………………474
12.6 航模运动仿真………………………475
12.7 本章小结……………………………478
12.8 思考与练习…………………………478

第 1 章　SolidWorks 2013 基础

本章要点

- SolidWorks 软件概述
- 文件基本操作
- SolidWorks 工作界面
- 视图调整方法
- SolidWorks 对象操作和管理

学习目标

本章主要讲述 SolidWorks 的基础知识，包括软件特点、常用术语、产品设计过程、工作界面、鼠标的使用和操作环境的设置等内容。

1.1　SolidWorks 概述

SolidWorks 软件是一款优秀的三维机械设计软件（通常被简称为 SW 软件），可帮助机械设计师、模具设计师、消费品设计师，以及其他专业人员更快、更准确、更有效地将创意转变为产品。本节从总体上介绍 SolidWorks。

1.1.1 SolidWorks、AutoCAD、Creo、UG 和 CATIA 的比较

SolidWorks、AutoCAD、Creo、UG 和 CATIA 是目前应用最广的几款 CAD 软件，它们都各有特点：

- AutoCAD 主要用于 2D 平面绘图，可以理解为在电脑上绘制工程图的一个“画板”，3D 功能不强。但是其所绘的电脑平面图样，出图清晰、完美，图线调整方便，所以在各个领域（只要需要出工程图），都得到广泛的应用（其他 CAD 软件出的工程图，最后也多需要导入 AutoCAD 进行完善和修改）。
- SolidWorks 是最简单易学的 CAD/CAE 软件，其在钣金设计和出工程图方面非常方便。其主要特点是易用、上手快，且较便宜，企业采购较多。通过 SW 的专业考试后，可以免试国家机械工程师 3D 的设计认证考试。
- Creo 在学习难度上属于中等，CAM 功能较强，其缺点是出图较麻烦，且复杂零件和装配等在前期的全参数造型中速度较慢，后期修改容易导致更新失败。
- UG 较难学习，但其曲面功能较强，在模具和加工方面的表现要胜过 SolidWorks 和 Creo，UG 在汽车行业应用较多。

➢ CATIA 是最强的建模软件，在 3D 建模和分析领域无可比拟，但是在加工和出图样方面比较弱，对电脑配置也要求较高，而且在国内的普及率远不如 UG 和 Creo。CATIA 主要应用于飞机制造行业。

总之，对于 CAD 初学者，建议从 AutoCAD 和 SolidWorks 学起。

1.1.2 SolidWorks 的设计流程

通常可通过如下流程来设计模型：

① 创建草图：创建模型的草绘图形，此草绘图形可以是模型的一个截面或轨迹等。

② 创建特征：添加拉伸、旋转、扫描等特征，利用创建的草绘图形，创建实体。

③ 装配部件：如果模型为装配体，那么还需要将各个零部件按某种规则进行装配。

具体设计过程可参见图 1-1。

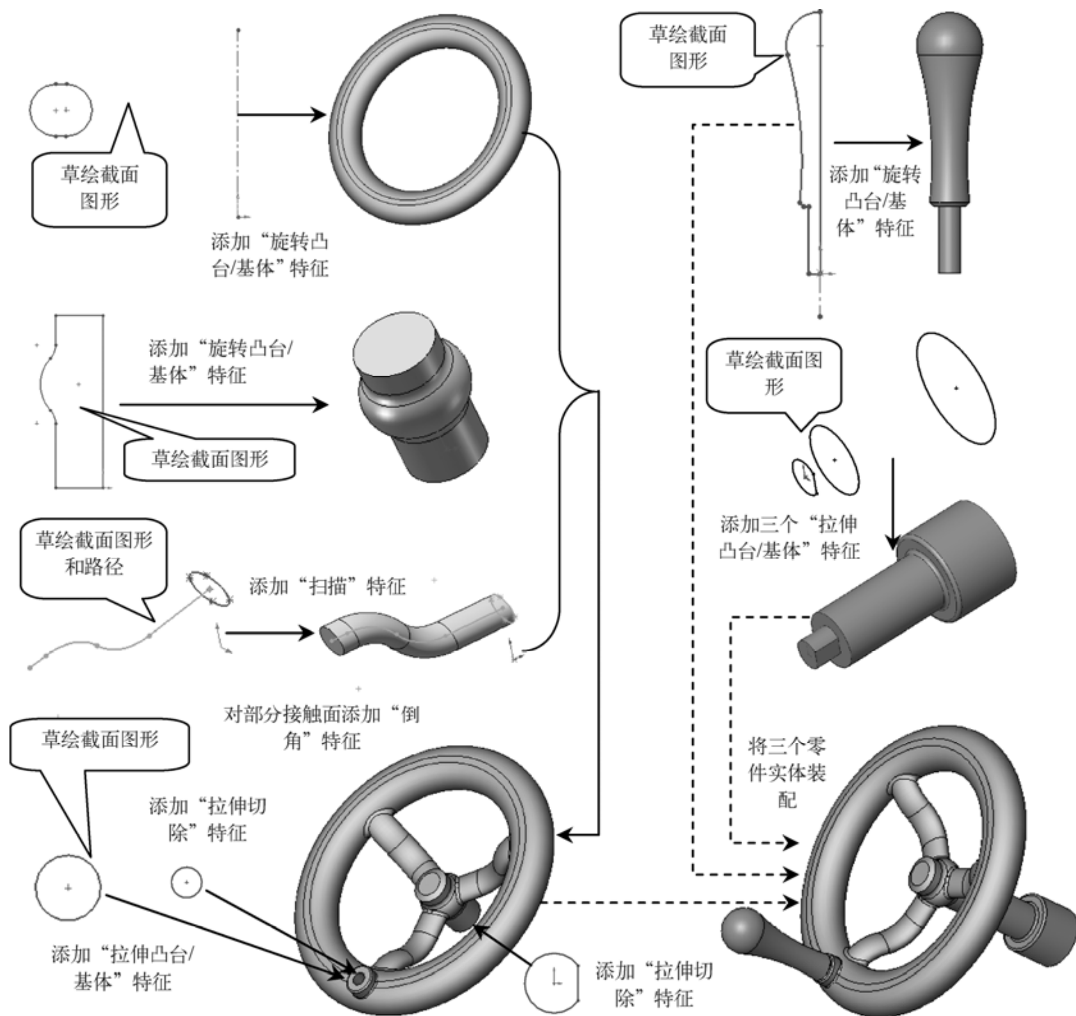


图 1-1　SolidWorks 的零件设计流程

1.1.3 SolidWorks 的特征建模方式

通过 1.1.2 节的设计流程，我们可以发现 SolidWorks 建立三维模型主要是通过“特征”来实现的。所谓“特征”就是代表元件某一方面特性的操作，比如“拉伸凸台/基体”特征就是将草图向一个方向或两个方向进行拉伸形成实体的操作，而“孔”特征则是在实体上添加孔的操作，如图 1-2 所示。

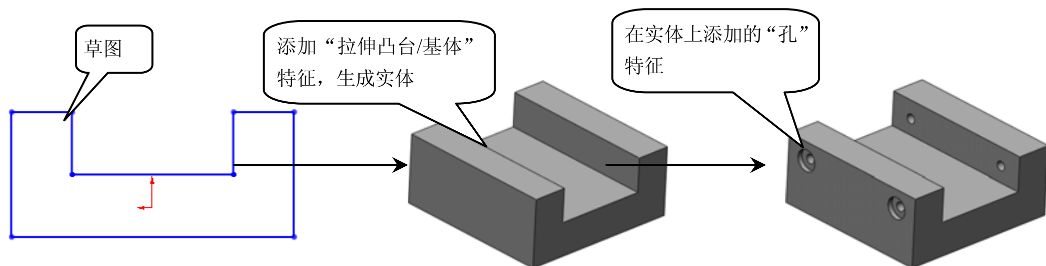


图 1-2　SolidWorks 的零件设计流程

在 SolidWorks 中，按照特征的性质不同，特征可分为基准特征、草绘特征与实体编辑特征等。

在新建一个零件模型时，为了便于操作，系统提供了前视、上视和右视三个基准面，以及一个标准坐标原点，我们将其称为基准特征，如图 1-3 所示。此外，为了便于创建其他零件特征，用户还可根据需要创建其他基准面、基准轴、基准点、基准坐标系等基准特征。

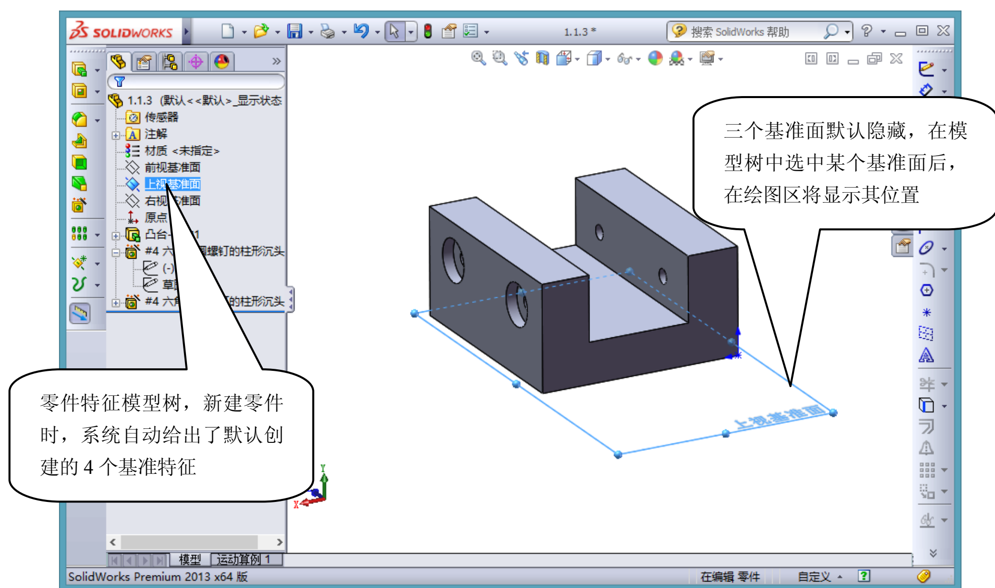


图 1-3　新建零件时系统提供的基准面和基准坐标系特征

草绘特征是指在特征创建过程中，设计者必须通过草绘特征截面才能生成的特征，如“拉伸凸台/基体”特征、“旋转凸台/基体”特征、“扫描”特征和“放样凸台/基体”特征等（本

书第 2、第 3 章分别介绍草图绘制和草绘特征的创建操作）。

实体编辑特征是系统内部定义好的一些参数化特征，创建实体编辑特征时，设计者只要按照系统提示设定相关参数，即可完成特征的创建，如“圆角”“倒角”“筋”“抽壳”和“拔模”特征等（将在第 4 章介绍实体编辑特征的创建操作）。


知识库

除此之外，SolidWorks 还为我们提供了对已创建的特征进行整体操作的特征，如镜向与阵列特征等（将在第 4 章讲述其操作）。

1.1.4 SolidWorks 特征间的关系

从上一节中，我们了解到 UG 主要是通过使用“特征”来创建三维图形的，这里需要注意的是：如果一个特征取决于另一个对象而存在，则它是此对象的子对象或相关对象。而此对象反过来就是其子特征的父特征。

例如，如图 1-4 所示，中图的“抽壳”特征在第一个“旋转凸台/基体”特征形成的实体上创建，所以“旋转凸台/基体”特征即是“抽壳”特征的父特征。右击模型树中的特征名称，在弹出的快捷菜单中选择“父子关系”菜单项，将打开“父子关系”对话框，如图 1-4 右图所示，在其列表中可以查看当前模型的父子关系。

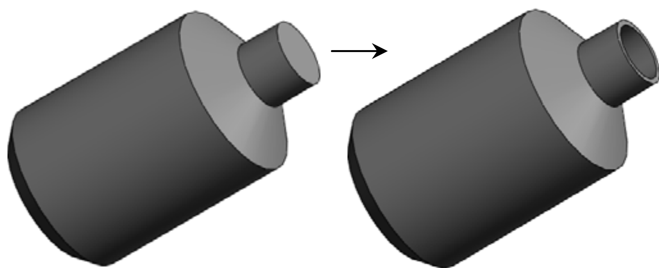
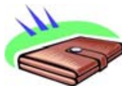




图 1-4 特征的父子关系

父特征可以有多个子特征，而子特征也可以有多个父特征。作为子特征的特征同时也可以是其他特征的父特征。


提示

理解特征的父子关系很重要，例如，删除父特征时，其子特征将一同被删除。修改父特征时，如果需要的话，其子特征应同步修改，否则可能导致设计出错。

1.1.5 SolidWorks 的 Windows 功能

在 SolidWorks 应用程序中，可以使用很多熟悉的 Windows 功能，具体如下：

➢ 打开文件：可以从 Windows 资源管理器中直接将零件拖入 SolidWorks 操作界面中，

从而打开该零件（使用相同的方法可生成工程图并创建装配体）。

- 打开和保存到 Web 文件夹：可以从 Web 文件夹中打开或保存文件，Web 文件夹是 SolidWorks 的一个工具，使用该工具可以允许多个用户通过因特网共享处理 SolidWorks 模型文件。
- 使用键盘快捷键：SolidWorks 的所有操作都有对应的键盘快捷键，例如，〈Ctrl+O〉可打开文件，〈Ctrl+S〉可保存文件，〈Ctrl+Z〉可撤销操作等。



1.2 文件基本操作

在 SolidWorks 中，文件操作主要包括新建文件、打开和导入文件、保存、打包和关闭文件，以及文件间的切换等，下面就来看一下这些基础文件操作。

1.2.1 新建文件

STEP 1 启动 SolidWorks 2013 后，系统将显示图 1-5 所示的操作界面，单击“新建”按钮，或者选择“文件”>“新建”菜单，均可新建文件。



图 1-5 SolidWorks 2013 的启动画面和新建零件文件的操作

STEP 2 如图 1-6 所示，在打开的“新建 SolidWorks 文件”对话框中选择不同按钮，可以新建不同类型的文件，这里保持系统默认，选择“零件”按钮，再单击确定按钮即可新建零件文件。

从“新建 SolidWorks 文件”对话框可以看出，SolidWorks 可以创建三种不同类型的文件：零件、装配体和工程图。下面简要介绍一下各类型文件的特点：

- “零件”文件：3D 零件模型文件，文件扩展名为“.SLDPRT”。
- “装配体”文件：用来建立装配文件，文件扩展名为“.SLDASM”，在本书第 6 章装配中使用了该文件类型。
- “工程图”文件：2D 工程图文件，文件扩展名为“.SLDDRW”，在本书第 7 章工程图中使用了该文件类型。



图 1-6 “新建 SolidWorks 文件”对话框



提示

第一次启动 SolidWorks，并新建模型文件时，通常还会弹出欢迎使用 SolidWorks 的操作界面，以及“单位和尺寸标准”对话框，如图 1-7 所示，在此对话框中可以选择设置系统使用的初始单位和尺寸标准。通常只需保持系统默认，单击“确定”按钮即可。



图 1-7 “单位和尺寸标准”对话框

1.2.2 打开和导入文件

选择“文件”>“打开”菜单或在工具栏中单击“打开”按钮，在打开的“打开”对话框中选择已存在的模型文件，如图 1-8 所示，然后单击“打开”按钮即可打开文件（直接双击文件，或将文件直接拖动到 SolidWorks 操作界面中也可打开文件）。

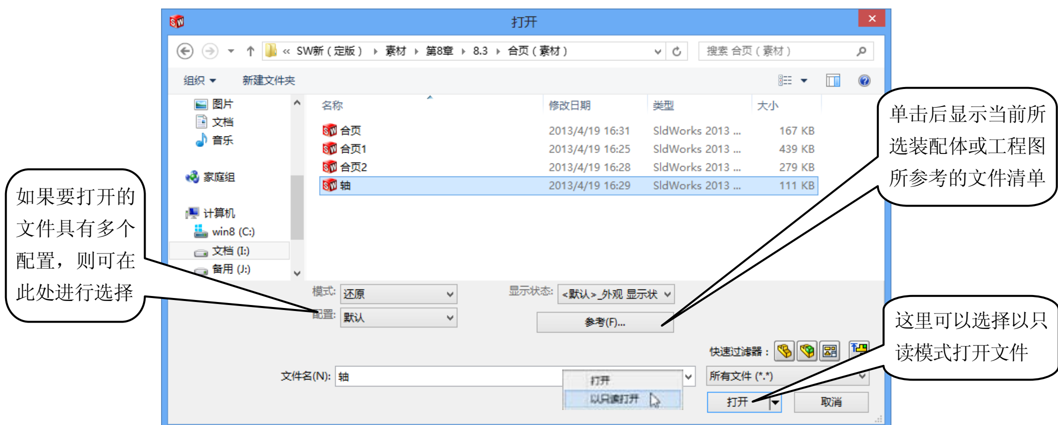
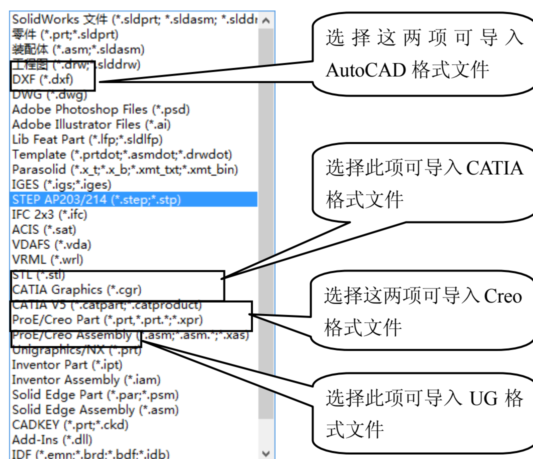


图 1-8 “打开”对话框

另外，SolidWorks 也可导入其他工程软件（如 AutoCAD、Creo、UG 等）制作的模型文件，只需在打开文件时，在“打开”文件对话框的“所有文件”下拉列表中选择相应的文件类型即可，如图 1-9 所示。如果出现无法导入文件的情况，可先在 Creo 等软件中将文件导出为 STEP 文件格式，然后再在此菜单中选择相关选项导入即可。





STEP 文件格式是国际标准化组织（ISO）所属的工业自动化系统技术委员会制定的 CAD 数据交换标准，支持大多数工业设计软件，可在 Creo、UG、CATIA、SolidWorks 等软件中通用。

STEP 203 主要用于通用机械，SETP 214 主要用于汽车行业。

图 1-9 导入文件

1.2.3 保存、导出与关闭文件

文件的保存十分简单，选择“文件”>“保存”菜单或单击工具条中的“保存”按钮，即可完成文件的保存。如果需要将当前图形另存为一个文件，可选择“文件”>“另存为”菜单，打开“另存为”对话框，如图 1-10 左图所示，重新设置文件名、保存位置和文件类型，然后单击“保存”按钮将文件保存。

需要注意的是在此对话框中，选择保存类型下拉列表，可以实现 SolidWorks 文件的导出操作，如图 1-10 右图所示，可将 SolidWorks 文件导出为 AutoCAD、Creo、UG、CATIA 和图片文件等多种类型。

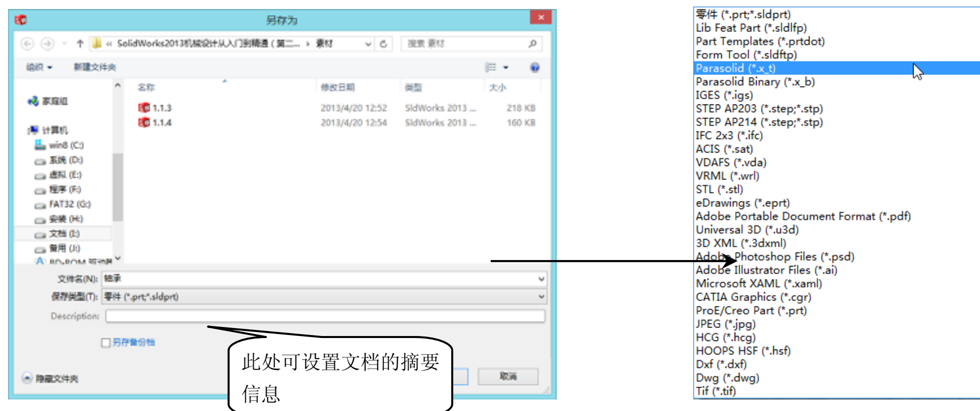


图 1-10 “保存”文件对话框和保存类型下拉列表

1.2.4 文件间的切换

在有多个模型同时打开时，如果需要从一个文件切换到另一个文件，可打开“窗口”菜单，该菜单中包含了所打开的文件列表，如图 1-11 所示，单击要切换的文件名便可以在不同的文件之间切换。

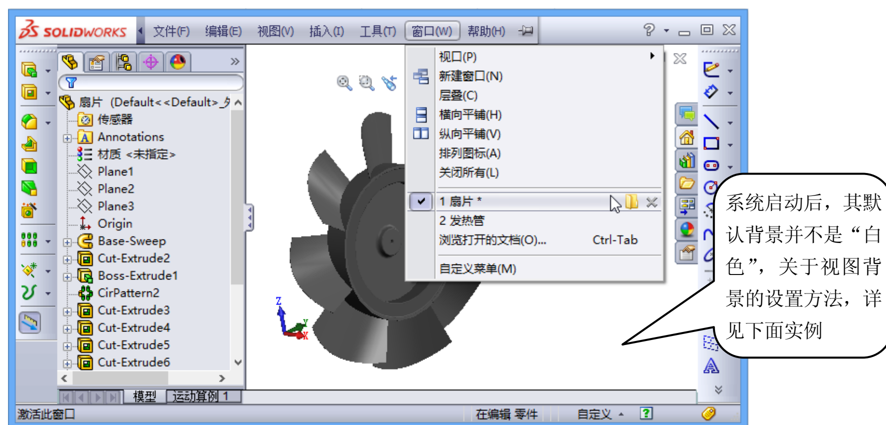


图 1-11　文件切换

实例精讲——自定义尺寸标准和视区背景

“单位和尺寸标准”只在第一次启动 SolidWorks 时，系统要求我们对其进行设置，以后新建的文档都会默认使用此标准。要更改“单位和尺寸标准”设置，应如何操作？另外应如何更改系统默认使用的视区背景？本实例将对这些问题做出解答。

【制作分析】

尺寸标准和视区背景可在同一个“选项”对话框中进行设置。在此对话框中，除了可设置尺寸标准和视区背景外，还可对很多选项进行设置，例如设置草图的捕捉类型和文件位置等。在学完本实例后，用户不妨按照自己的要求，对更多选项进行设置。

【制作步骤】

STEP 1 新建一“零件”文件，选择“工具”>“选项”菜单，或者单击工具栏的“选项”按钮，打开“系统选项”对话框。

STEP 2 如图 1-12 左图所示，在打开的“系统选项”对话框中，单击“系统选项”选项卡下的“颜色”列表项，在窗口右侧出现可以设置的颜色项，在“颜色方案设置”列表框中选择“视区背景”列表项，并选中“素色（视区背景颜色在上）”单选按钮。

STEP 3 单击“编辑”按钮，打开“颜色”对话框，如图 1-12 右图所示，选择要设置的视区背景颜色，并单击两次“确定”按钮，即可参看到视区中的背景颜色发生了变化。

STEP 4 在“系统选项”对话框中，单击“文件属性”标签，切换到“文件属性”选项卡，如图 1-13 所示，在此选项卡中可以对图样、材料属性和图像品质等进行设置。这里单击

“单位”列表项，在右侧可选择要使用的单位系统；在“绘图标准”系列列表项中可对尺寸标准进行设置。

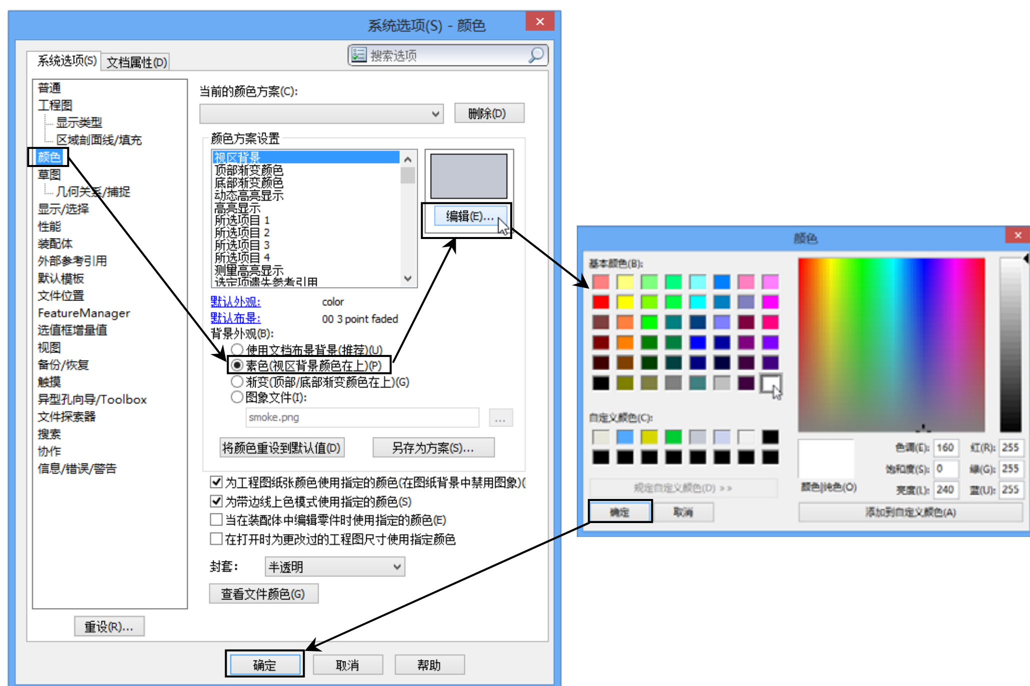


图 1-12　设置“视区”颜色

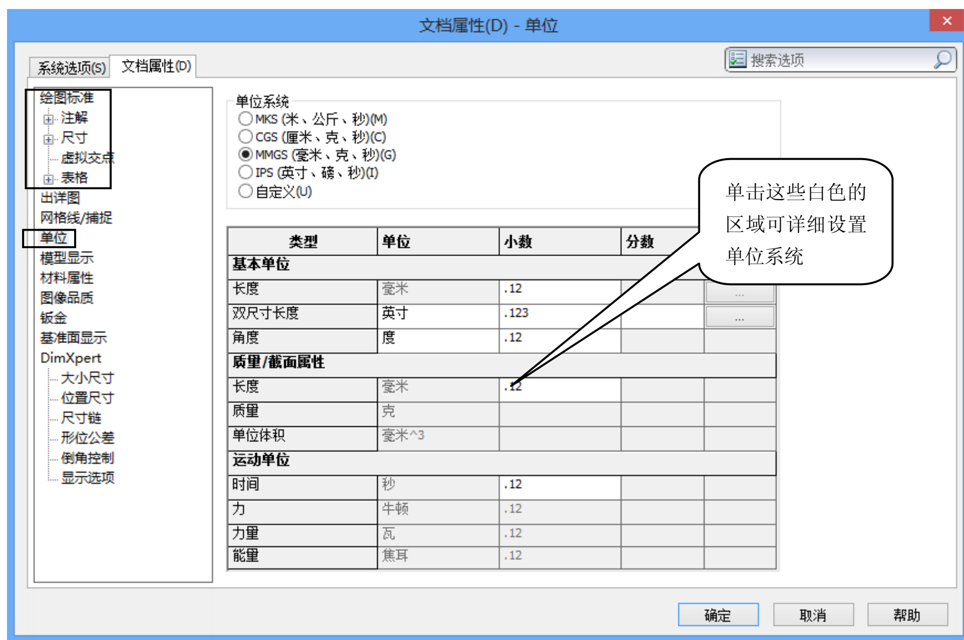


图 1-13　设置“单位和尺寸标准”

1.3 SolidWorks 工作界面

通过 1.2 节的讲解，我们知道 SolidWorks 可以创建三种不同类型的文件：零件、装配体和工程图。针对不同的文件形式，SolidWorks 提供了对应的界面。下面以零件编辑状态下的主界面为例介绍 SolidWorks 的工作界面，如图 1-14 所示。

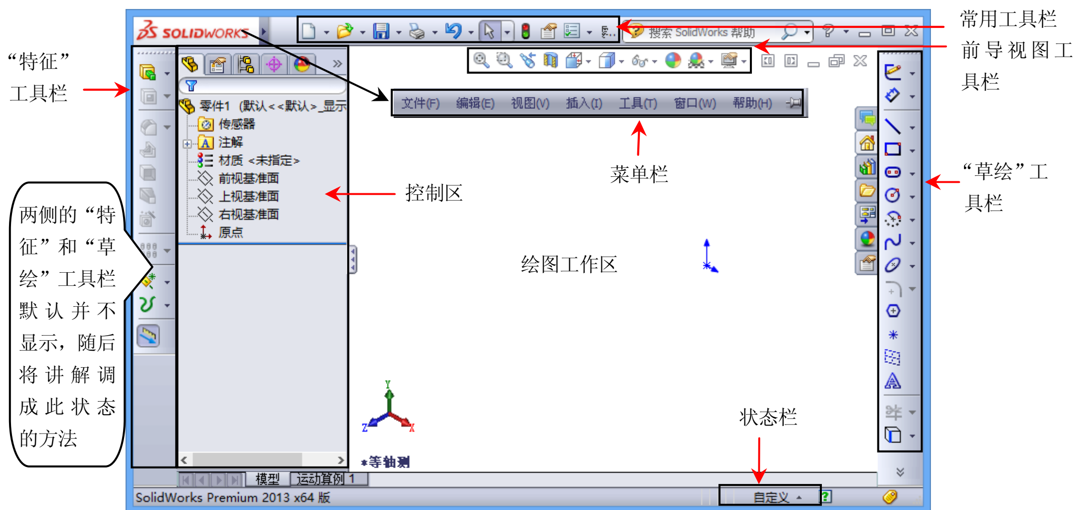


图 1-14　SolidWorks 2013 零件图工作界面

如图 1-14 所示，在零件编辑状态下，SolidWorks 的工作界面主要由菜单栏和工具栏、导航控制区、绘图工作区和状态栏组成，下面看一下各个组成部分的作用。

1.3.1 菜单栏和工具栏

与其他大部分软件一样，SolidWorks 中的菜单栏提供了一组分类安排的命令，其工具栏提供了一组常用操作命令。此外，在不同工作模式与状态下，SolidWorks 的菜单栏与工具栏内容会发生相应的变化；同时，如果某些工具按钮或菜单项呈浅灰色，表明该菜单或工具按钮在当前状态下无法使用。

下面首先简要介绍一下图 1-14 所示界面中各主要菜单项的作用：

- 文件：该菜单项主要提供了一组与文件操作相关的命令，如新建、打开、保存和打印文件等。
- 编辑：该菜单项提供了一组与对象和特征编辑相关的命令，如复制、剪切、粘贴，以及对模型进行压缩和解除压缩的命令等，另外还可设置模型的颜色。
- 视图：提供了一组设置视图显示与视图调整相关的命令，如可设置在绘图工作区中是否显示基准面、基准轴、坐标系和原点等，也可通过此菜单栏旋转、平移或缩放视图，另外还通过此菜单栏捕获屏幕或录制视频等。
- 插入：利用其中的命令可在模型中插入各种特征，以及将数据从外部文件添加到当前模型中。

➢ 工具：提供了草图绘制和标注等命令，以及测量、统计和分析命令，另外还包括宏和系统自定义等命令。
➢ 窗口：包含了一组激活、打开、关闭和调整 SolidWorks 窗口的命令，也可选取菜单底部的文件列表，以在打开的文件间切换。
➢ 帮助：用来访问软件帮助主页，获取即时帮助，以及了解软件版本信息和客户服务信息等。

在图 1-14 中，系统提供了四个工具栏，其中“常用”工具栏和“前导视图”工具栏是默认打开的工具栏，分别用于文件操作和视图操作（图 1-15 和图 1-16）；可通过右击顶部工具栏的空白处，在弹出的菜单中选择“草图”或“特征”菜单项，打开“草绘”或“特征”工具栏，“草绘”工具栏用于绘制草图，“特征”工具栏用于创建特征，是最常使用的两个工具栏，所以在绘制模型前可首先将其调出。

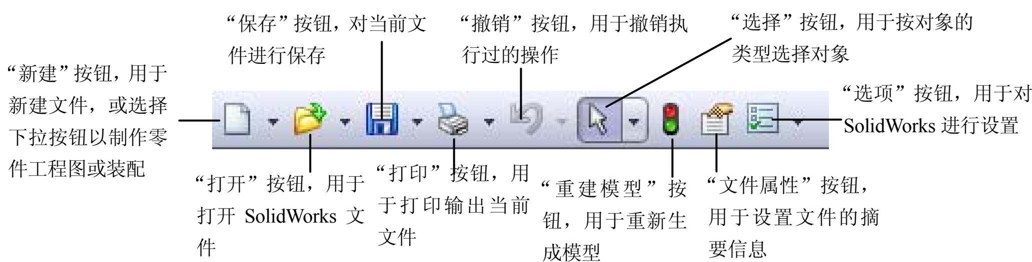


图 1-15 “常用”工具栏

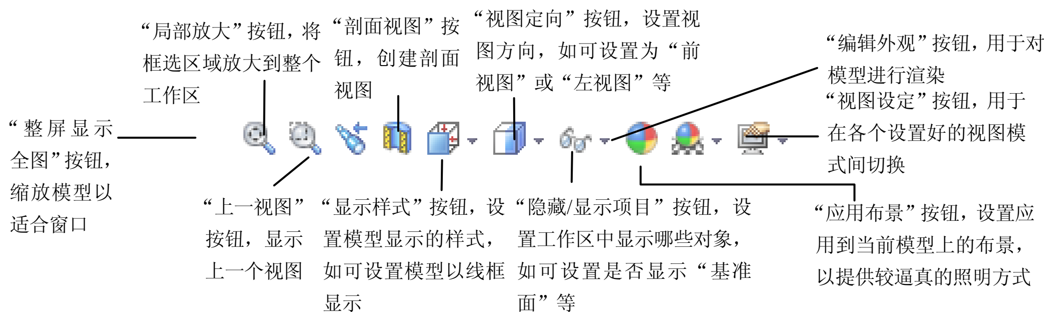


图 1-16 “前导视图”工具栏的作用

除了图 1-16 显示的这种较常使用的模型绘制界面外，通常我们还可以使用“CommandManager”工具栏的强大功能绘制模型。右击顶部工具栏的空白区域选择“CommandManager”菜单项可以打开此工具栏，如图 1-17 所示。



图 1-17 “CommandManager”工具栏

“CommandManager”工具栏是一个与当前绘制内容密切相关的工具栏，可以推测用户的当前需要，从而动态更新工具栏上的显示内容。“CommandManager”工具栏默认将用户经常

使用的按钮进行了分类，单击“CommandManager”工具栏下面的选项卡，可以在这些分类间进行切换。



为了进一步为图形区域节省空间，可以使用鼠标右键单击“CommandManager”菜单栏，然后选择“使用带有文本的大按钮”菜单项，令“CommandManager”工具栏只显示图标形式的按钮。

右击顶部工具栏的空白区域，还可以在弹出的快捷菜单中选择使用其他工具栏，比如“曲线”“曲面”工具栏等，关于其使用方法将在后续章节逐步讲述。

1.3.2 导航控制区

导航控制区位于主操作界面的左侧，由“FeatureManager”、“PropertyManager”、“ConfigurationManager”、“DimXpertManager”和“DisplayManager”5 个选项卡组成，如图 1-18 所示。

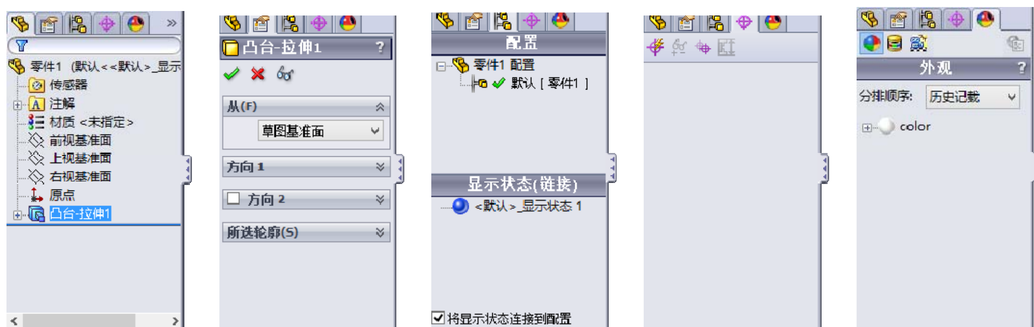


图 1-18　导航区的 5 个选项卡

这 5 个选项卡的功能如下：

- FeatureManager（特征管理器）：在此选项卡中显示了当前模型文件的名称，并将创建的全部特征以树状结构排列，方便观察模型或装配体的构造过程。
- PropertyManager（属性管理器）：此选项卡用于显示当前用户进行的命令操作或编辑实体的参数设置，在创建实体或编辑实体参数时将自动切换到此选项卡。
- ConfigurationManager（配置管理器）：此选项卡用于生成、选择或查看配置，可生成多个配置，以用来在同一个文件中，创建零件或组装件的多个不同版本。
- DimXpertManager（尺寸专家管理器）：DimXpert 使用户能够自动标注 3D 模型的尺寸，以便进行制造。
- DisplayManager（外观管理器）：用于设置模型的外观（颜色）、贴图和环境的灯光等，以对模型进行渲染。

下面重点向大家介绍一下导航控制区的 FeatureManager 选项卡。如图 1-18 左图所示，它按顺序显示了创建该零件使用的 6 个特征。其中，最上面的“注解”项用于对添加的“注解”进行管理，“注解”是对模型进行的文字说明，如工件的热处理要求等；“材质”特征用于设

置当前模型的材质，材质多在渲染模型时使用；最后 4 个特征为基准特征，包含前、上和右视基准面，以及 1 个原点。

下面简要介绍一下模型树的使用要点：

- 要展开或收缩某个树项目，可双击该项目，如图 1-19 左图所示，特征的子项目多为草绘特征，此处的特征是新创建的拉伸实体。
- 如果希望删除、编辑特征属性等，可在模型树中右击该特征然后从弹出的快捷菜单中选择相应菜单项，如图 1-19 中图所示。
- 在模型树中单击某个特征可选择该特征，如图 1-19 右图所示。
- 上下拖动模型树下端的线可以将某些特征暂时不纳入（或恢复）编辑状态，以方便运行插入、删除指定特征等编辑操作。



图 1-19 操作模型树



如图 1-19 中图所示，右击模型树中的特征，除了弹出快捷菜单外，在其上方还弹出了一个快捷操作工具栏（选择特征时也可显示此工具栏），此工具栏是 SolidWorks 2013 提供的一个新功能。通过此工具栏，可以执行编辑特征、编辑草图、压缩、退回、隐藏、放大所选范围和正视图等操作（“压缩”的特征不被装入内存，可减少系统的运算量），不同特征的不同状态下，所弹出的快捷操作工具栏会有所不同。

1.3.3 绘图工作区和状态栏

“操作区”也叫“绘图区”，是 SolidWorks 的工作区域，用于显示或制作模型。如图 1-20 左图所示，操作区的最上端是前导视图工具栏，其功能在前面已做过介绍；左下角显示了模型使用的坐标系；右上角是“向左平铺”“向右平铺”最小化、恢复和关闭按钮（用于调整窗口）；右侧是 SolidWorks 提供的几个资源管理器，通过单击不同的选项卡，可查看“指导教程”、下载“素材”以及选择“布景”和“材质”等。

除此之外，在编辑视图时，还会显示“确定”和“取消”符号，而且会显示“弹出的 FeatureManager 设计树”，如图 1-20 右图所示，以方便选择特征。

状态栏位于 SolidWorks 主窗口最底部的水平区域，用于提供关于当前窗口编辑的内容状态，例如指示当前鼠标位置、草图状态等信息，如图 1-21 所示。

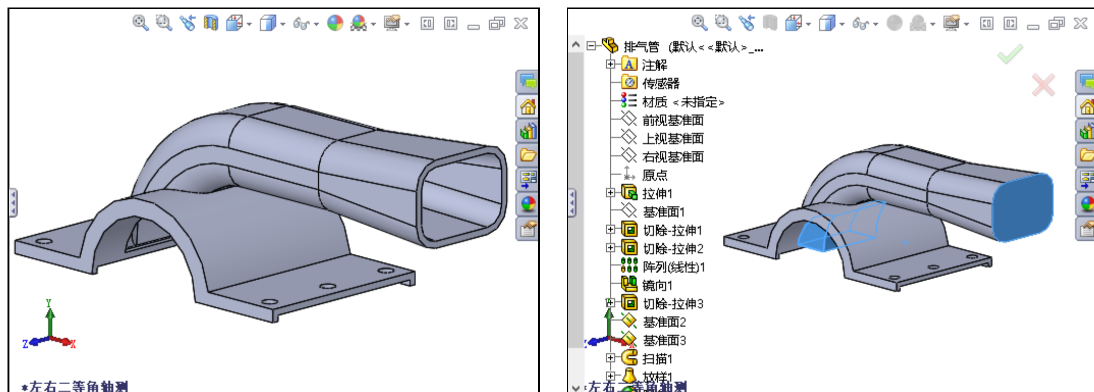


图 1-20 绘图工作区

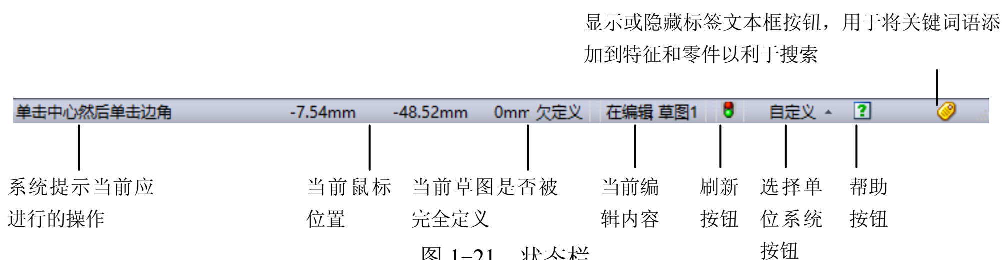


图 1-21 状态栏

实例精讲——自定义工具栏

SolidWorks 2013 的功能非常强大，因此它所具有的工具栏以及工具按钮也非常多，在绘图时，不可能令所有工具栏都显示，所以需要进行设置。

【制作分析】

在 SolidWorks 中，工具栏可以被“固定”或浮动在窗口中，也可根据绘图需要令其显示或隐藏，调整非常方便。本实例讲述根据个人习惯自定义显示工具栏，并定义单个工具栏中按钮的方法。

【制作步骤】

STEP 1 新建零件文件后，选择“工具”>“自定义”菜单，打开“自定义”对话框。

STEP 2 在打开的“自定义”对话框中，在“工具栏”列表框中，选中“参考几何体”、“特征”和“草图”前的复选框，如图 1-22 所示，并单击“确定”按钮，将此三个工具栏显示出来。

STEP 3 选择“工具”>“自定义”菜单，重新打开“自定义”对话框，并单击“命令”标签，切换到“命令”选项卡，如图 1-23 所示。再选择“命令”选项卡“类别”列表中的“特征”项，单击“曲线驱动阵列”按钮，并将其拖动到“特征”工具栏，完成添加按钮的操作。

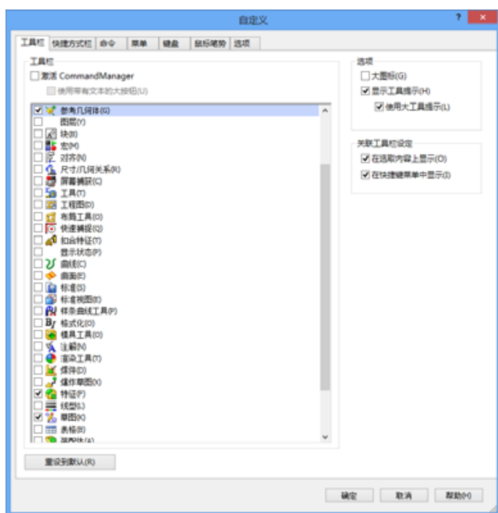


图 1-22 “自定义”对话框

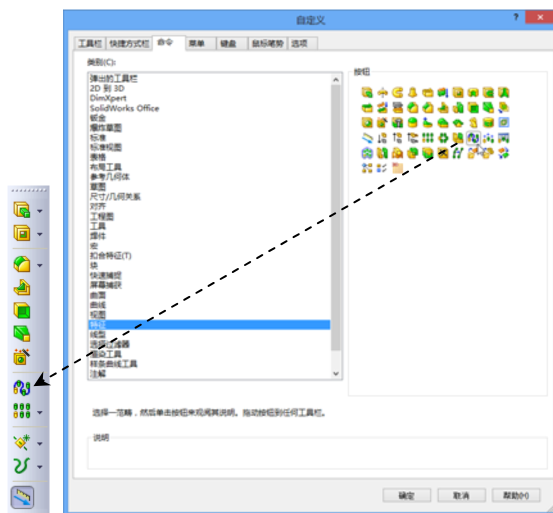


图 1-23 “自定义”对话框中添加按钮的操作



若要删除工具栏上的按钮，在“自定义”对话框打开的前提下，只需单击要删除的按钮并将其从工具栏拖放回图形区域中即可。

STEP 4 通过上述操作后，在屏幕两侧显示出我们调出的“参考几何体”“特征”和“草图”工具栏，如图 1-24 所示，此时“参考几何体”工具栏占用位置过大，所以可通过拖动操作调整其位置（可令其浮动或拖拽到希望显示的位置）。

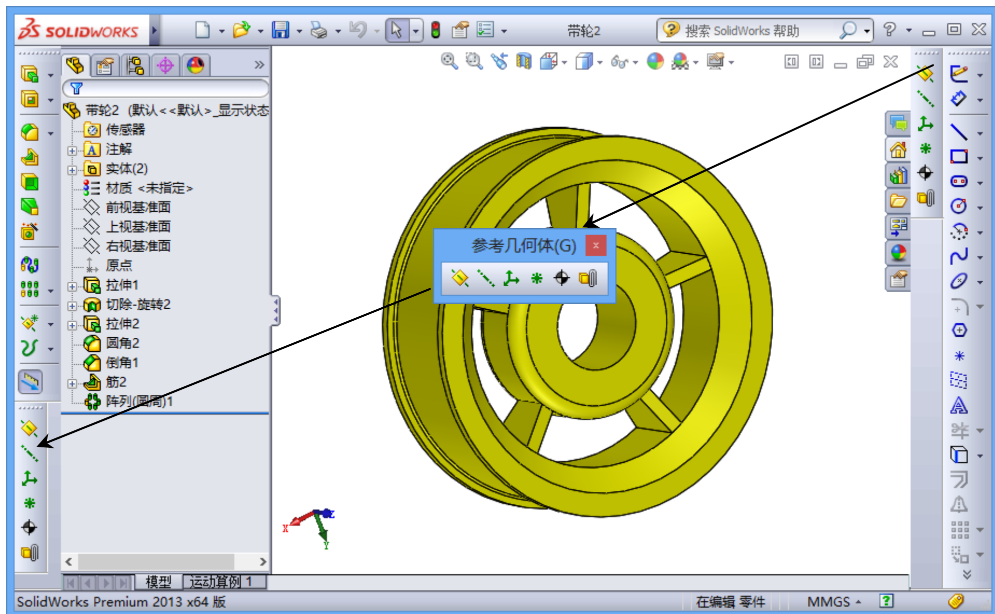


图 1-24 通过拖拽调整工具栏的位置

1.4 视图调整方法

在绘制与编辑图形时，为了便于操作，我们经常需要缩放、平移和旋转视图。使用 SolidWorks 提供的前导视图工具栏和“视图”菜单可对视图进行调整。此外，我们也可借助鼠标快速缩放、平移和旋转视图。

1.4.1 利用鼠标和按键调整视图的方法

在 SolidWorks 中，鼠标滚轮（同时又是鼠标中键）非常重要，使用它能够快速缩放、平移和旋转视图，具体操作如下：

- 前后滚动鼠标滚轮：缩小或放大视图，应注意放大操作时的鼠标位置，SolidWorks 将以鼠标位置为中心放大操作区域。
- 按住鼠标滚轮并移动光标：旋转视图，如图 1-25 左图所示。
- 使用鼠标滚轮选中模型的一条边，再按住鼠标滚轮并移动光标：将绕此边线旋转视图，如图 1-25 右图所示。

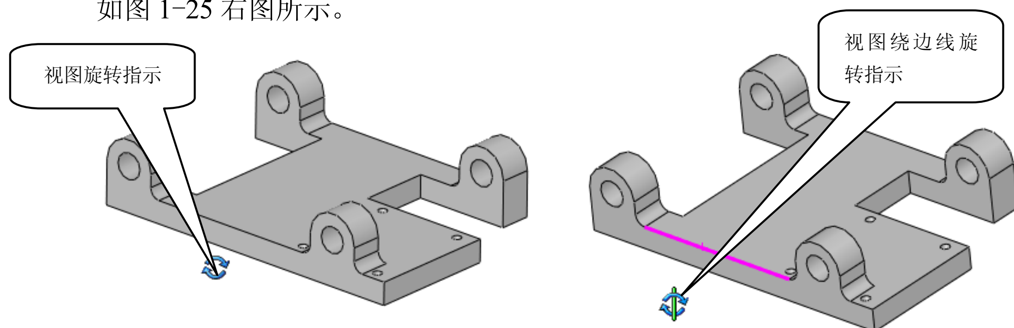


图 1-25　旋转视图

- 按住〈Ctrl〉键和鼠标滚轮，然后移动鼠标：平移视图，如图 1-26 左图所示。
- 按住〈Shift〉键和鼠标滚轮，然后移动鼠标：沿垂直方向平滑缩放视图，如图 1-26 右图所示。

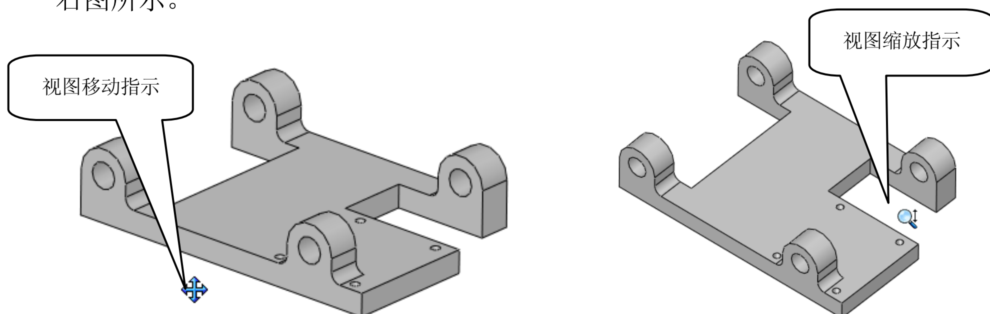


图 1-26　平移视图和沿垂直方向平滑缩放视图

- 按住〈Alt〉键和鼠标滚轮，然后移动鼠标：以垂直于当前视图平面的，并通过对象中心的直线为旋转轴，旋转视图。

在 SolidWorks 中，还可以单独使用键盘快捷键快速地操作视图，具体见表 1-1。

表 1-1　键盘调整视图的操作

按　　键	执 行 操 作
方向键	水平（左、右方向键）或竖直（上、下方向键）旋转对象
〈Shift〉+方向键	水平（左、右方向键）或竖直（上、下方向键）旋转 90°
〈Alt〉+左/右方向键	绕中心旋转（绕垂直于当前视图平面的中心轴旋转）
〈Ctrl〉+方向键	平移
〈Shift+Z〉/〈Z〉	动态放大（〈Shift+Z〉放大）或缩小（按〈Z〉键缩小）
〈F〉	整屏显示视图
〈Ctrl+Shift+Z〉	显示上一视图
〈Ctrl+1〉	显示前视图
〈Ctrl+3〉	显示左视图
〈Ctrl+5〉	显示上视图
〈Ctrl+7〉	显示等轴测视图
〈Ctrl+8〉	正视于选择的面
空格键	打开“方向”对话框

此外还可以使用绘图工作区左侧底部的参考三重轴调整视图的方向，见表 1-2。

表 1-2　通过“参考三重轴”调整视图方向（SolidWorks 2013 新增功能）

按　　键	执 行 操 作
选择一个轴	查看相对于屏幕的正视图
选择垂直于屏幕的轴	将视图方向旋转 180°
〈Shift〉+选择	绕轴旋转 90°
〈Ctrl〉+〈Shift〉+选择	反方向旋转 90°
〈Alt〉+选择	绕轴旋转在“工具”>“选项”>“系统选项”>“视图”下通过箭头键指定的增量
〈Ctrl〉+〈Alt〉+选择	反向旋转

1.4.2 利用工具按钮调整视图

除了可以利用鼠标和按键快速调整视图外，通过单击前导视图工具栏中的工具按钮还可对视图进行更多的调整。前导视图工具栏在前面 1.3.1 节中已做过介绍，这里只对几个不易理解的选项略加解释：

- ：剖视图按钮。该按钮被按下后，将在“属性管理器”中显示“剖面视图”的属性设置操作界面，通过选择“剖面”，并输入不同的参数，最后单击“确定” 按钮，可创建模型的剖面视图，如图 1-27 所示。
- ：“视图定向”按钮。该按钮被按下后，将弹出视图定向选择下拉菜单，如图 1-28 中图所示，通过单击此菜单栏中的按钮，可以将视图调整到上、下、左、右、前、后



和轴测视图进行显示（关于轴测图详见下面提示），调整前后的效果如图 1-28 左图和右图所示。

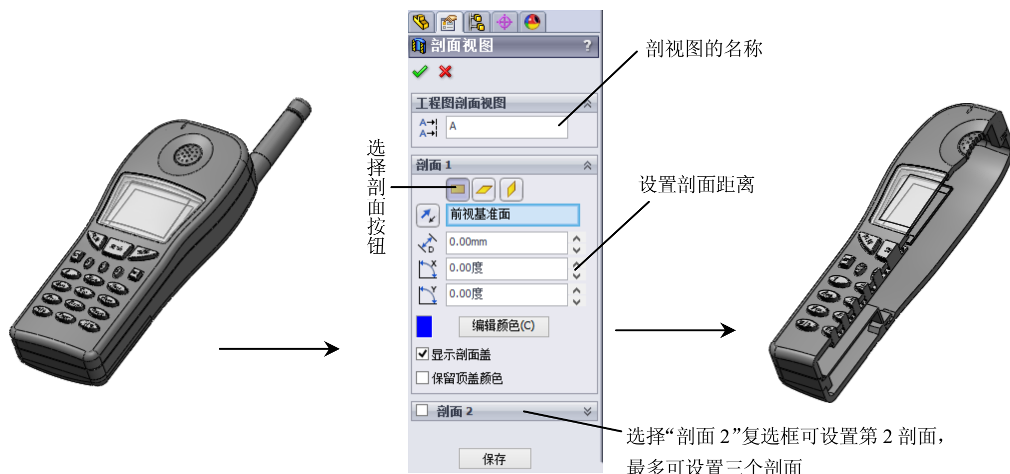


图 1-27　创建剖视图的操作

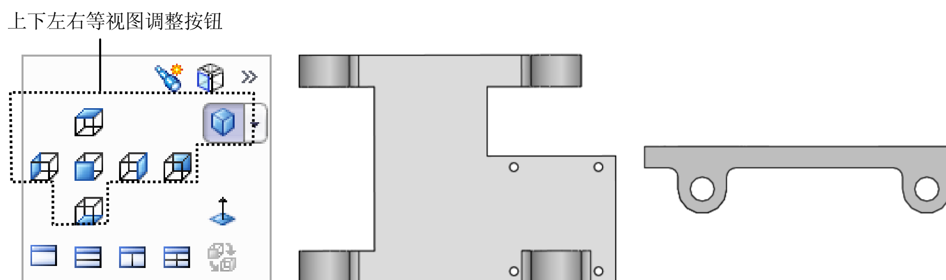


图 1-28　视图定向选择下拉菜单和两个定向显示视图

在视图定向选择下拉菜单中，还可以选择“单一视图”、“二视图-水平”、“二视图-竖直”和“四视图”等按钮，将绘图工作区划分为多个工作区域（被称为“视口”），以同时在多个方向显示和操作模型。图 1-29 所示为选中“四视图”按钮时的工作区域。

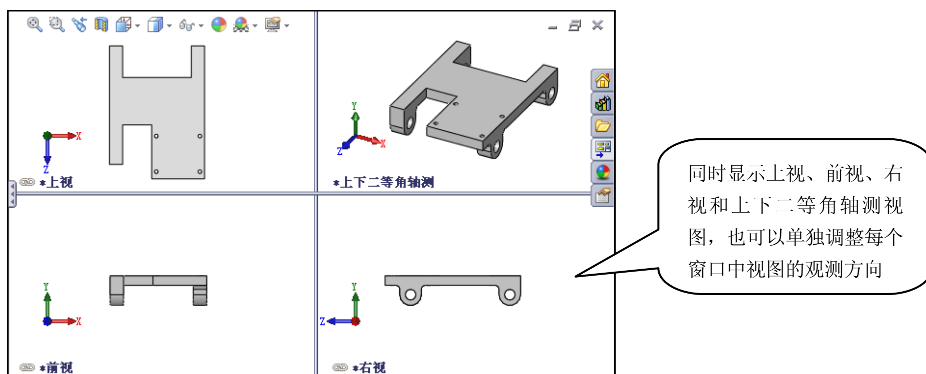


图 1-29　选中“四视图”按钮时的工作区域



轴测图是一种单面投影图，即在一个投影面上同时反映出物体三个坐标面的形状，轴测图接近于人们的视觉习惯，形象、逼真且富有立体感，在绘制三维图形时较常使用。与轴测图对应的视图是投影图，如正投影视图和侧投影视图等，投影图多用于绘制工程图。

单击“正视于”按钮后，可选择模型的某个面，以显示正视于此面的视图（如图 1-30 所示）。“连接视图”按钮在多视口显示状态下可用，用于设置令两个相同视口（如同为“前视图”）的视图同时变动。

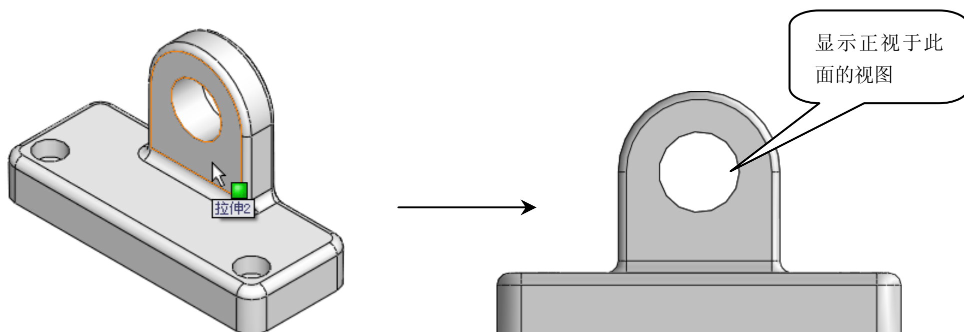


图 1-30　正视于某个面的视图定向操作

SolidWorks 还提供了记录视图方位的功能。在视图定向选择下拉菜单中，单击“新视图”按钮，打开“命名视图”对话框，在此对话框中输入“新视图”的名称，可创建以当前视图位置为模版的自定义视图。单击“更多选项”按钮，打开“方向”对话框，通过此对话框，可删除自定义的视图，如图 1-31 所示。

此外，单击“视图选择器”按钮，可控制在操作区中显示或隐藏“视图选择器”图框，以更加方便和形象的选择需要的模型方向，如图 1-32 所示。

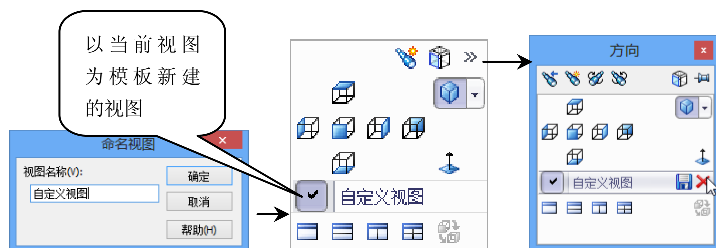


图 1-31　自定义视图操作

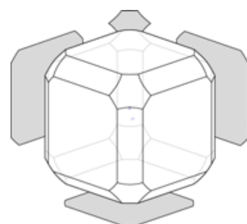


图 1-32　“视图选择器”图框

➢ ：“显示样式”按钮。该按钮被按下后，将弹出显示样式下拉菜单，如图 1-33 左图所示，菜单栏中的按钮表示分别以带边线上色、上色、消除隐藏线、隐藏线可见和线架图模式显示零件模型，如图 1-33 所示。

➢ ：“隐藏/显示项目”按钮。该按钮被按下后，将弹出显示隐藏/显示项目下拉菜单，

如图 1-34 左图所示。通过选择该菜单中的按钮，可以设置在绘图区中显示哪些对象，如可设置显示基准轴、原点、坐标系等。如图 1-34 右图所示为单击“查看光源”按钮后，显示出来的当前灯光。

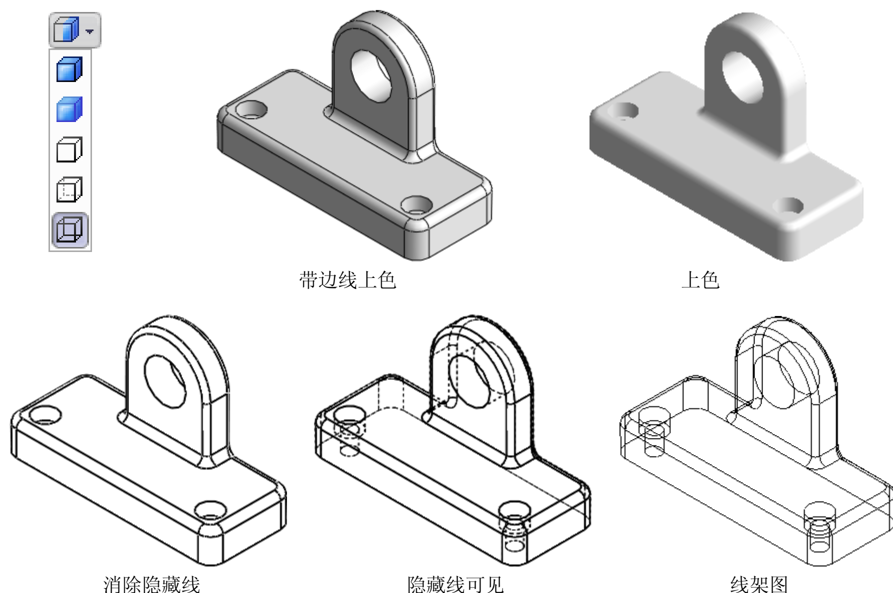


图 1-33　零件的各种显示方式

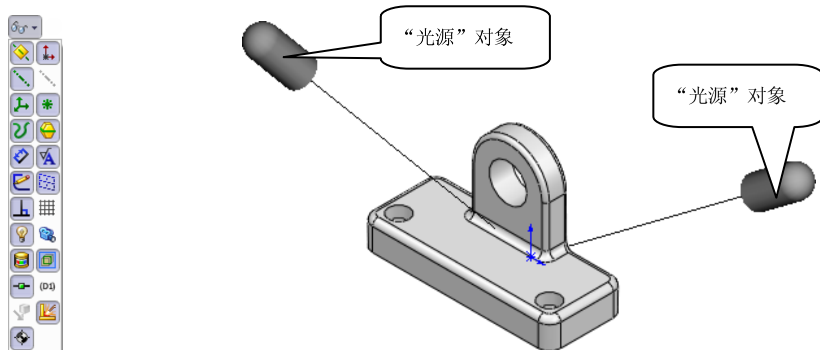


图 1-34　显示隐藏项目菜单栏和显示出来的光源



需要注意的是隐藏的对象无法通过此处按钮设置为显示状态。

➢ ：“应用布景”按钮。单击该按钮，弹出“应用布景”下拉菜单，如图 1-35 左图所示，从中可为模型选用背景（如设置白色背景）。此模式，需要在启用“背景外观”模式时（系统默认启用此模式）使用。需要注意：对于此处背景的设置，在渲染模型时依然有效，如图 1-35 右图所示。

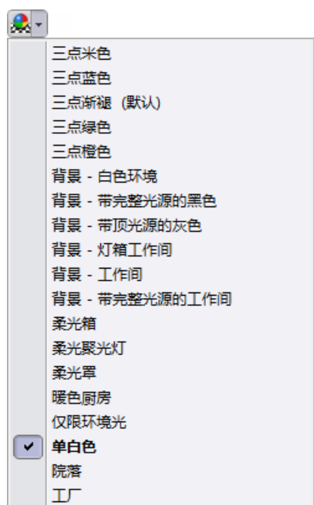




图 1-35　应用布景菜单栏和渲染后的布景效果

1.4.3　利用“视图”菜单命令调整视图

我们除了可以利用鼠标和前导视图工具栏来调整视图外，在“视图”下拉菜单中同样包含了一些用于视图调整的基本操作命令，如图 1-36 所示。“视图”菜单中的大部分命令在前面已做过解释，这里只介绍几个特殊的菜单项：

- 重画：重画当前视图以清除所有临时信息，但该命令只是重新刷新屏幕，而不再生模型。
- 荧屏捕获：选择“荧屏捕获”>“图像捕获”菜单项，可以将当前“绘图工作区”的图像捕获到“剪切板”，单击“录制视频”菜单项，则可以将“绘图工作区”的操作录制为视频。
- 斑马线：选择“视图”>“显示”>“斑马线”菜单项，可以令模型以“斑马线”效果显示，如图 1-37 所示。
- 全屏：选择“视图”>“全屏”菜单项，可以将“绘图工作区”以全屏模式显示，重新选择“视图”>“全屏”菜单项可退出全屏模式。

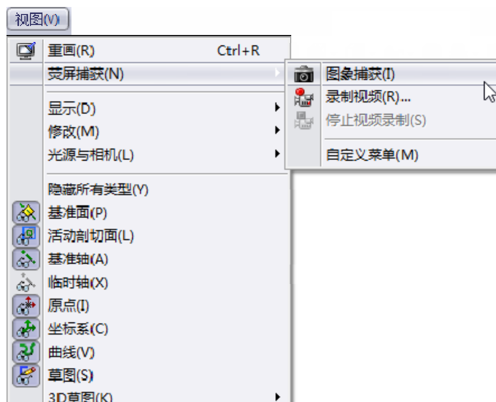


图 1-36　“视图”下拉菜单

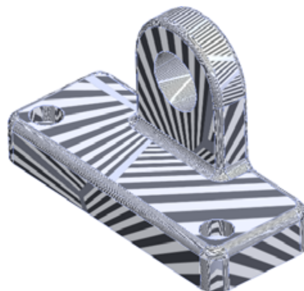


图 1-37　斑马线效果

实例精讲——视图调整练习

熟练掌握视图调整方法是绘制和编辑零件的基础，因此，本节将通过具体操作让读者进一步熟悉视图调整方法。

【制作分析】

本实例的操作对象为本书提供的零件素材（图 1-38），在操作的过程中，除了使用鼠标调整视图外，还将讲述使用前导视图工具栏调整视图的方法，以及“基准面”的显示和隐藏，特征的压缩和解压缩等操作。

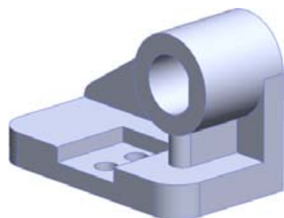


图 1-38　零件素材

【制作步骤】

STEP 1 安装好 SolidWorks 后，直接双击本书光盘提供的素材文件 1-7-1.SLDPRT，打开其操作界面。

STEP 2 按住鼠标中键并拖动，尝试旋转视图，如图 1-39 左图所示；按住〈Ctrl〉和鼠标中键，移动鼠标，尝试拖动视图，如图 1-39 中图所示；按住鼠标中键选中零件的一条边线，松开鼠标后再次按住鼠标中键拖动，尝试围绕边线旋转视图，如图 1-39 右图所示。

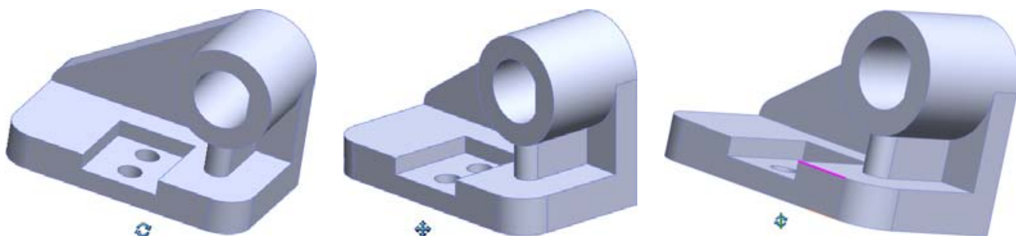


图 1-39　使用鼠标旋转、拖动和围绕边线旋转视图的操作

STEP 3 单击前导视图工具栏中的“显示样式”按钮，在其下拉菜单中选择各个按钮观察模型的变化，如图 1-40 所示为选中“消除隐藏线”按钮后，模型的显示效果。

STEP 4 单击“视图定向”按钮，在其下拉菜单中选择各个选项，查看模型的变化效果，如图 1-41 所示为选择“上视图”选项时的效果；

STEP 5 如图 1-42 所示，单击“局部放大”按钮，并选择一块显示区域，参看此区域的放大效果。

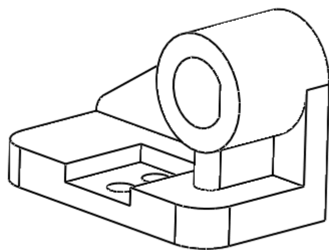


图 1-40　“消除隐藏线”视图效果

STEP 6 将视图调整到“等轴测”视图，单击“显示隐藏项目”按钮，并在其下拉菜单中选择“观阅原点”按钮，在视图中显示出原点，如图 1-43 所示。

STEP 7 单击前导视图工具栏中的“剖面视图”按钮，打开“剖面视图”属性管理器，如图 1-44 左图所示，单击“剖面 1”卷展栏中的三个按钮，并适当调整剖切面与标准面的距离，观察视图的变化，最后单击“确定”按钮即可（效果如图 1-44 右图所示）。

STEP 8 再次单击“剖面视图”按钮取消剖视图状态；单击 FeatureManager 模型树中的“右视基准面”特征，在弹出的工具栏中选择“显示”按钮，显示默认隐藏的基准平面，

如图 1-45 所示。

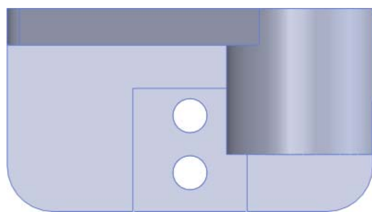


图 1-41 “上视图”效果

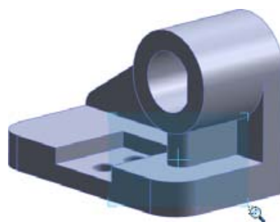


图 1-42 “局部放大”按钮的操作

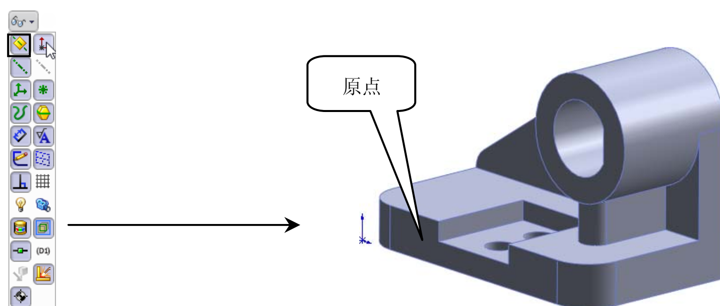


图 1-43 “观阅原点”操作

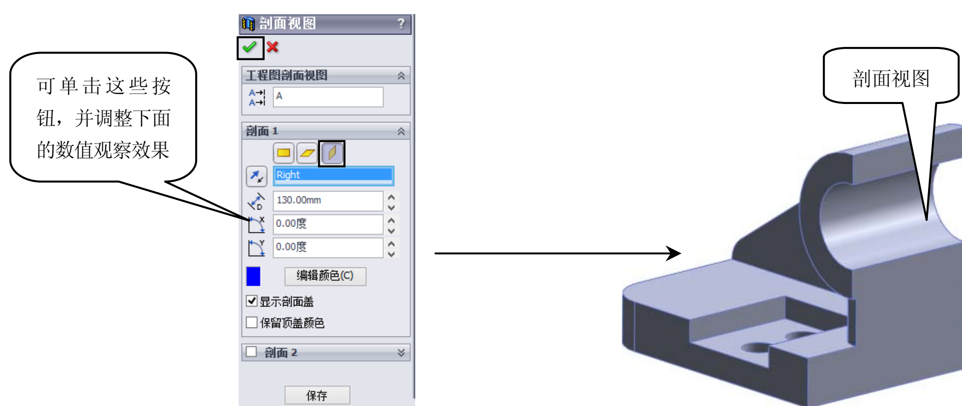


图 1-44 创建“剖面视图”操作

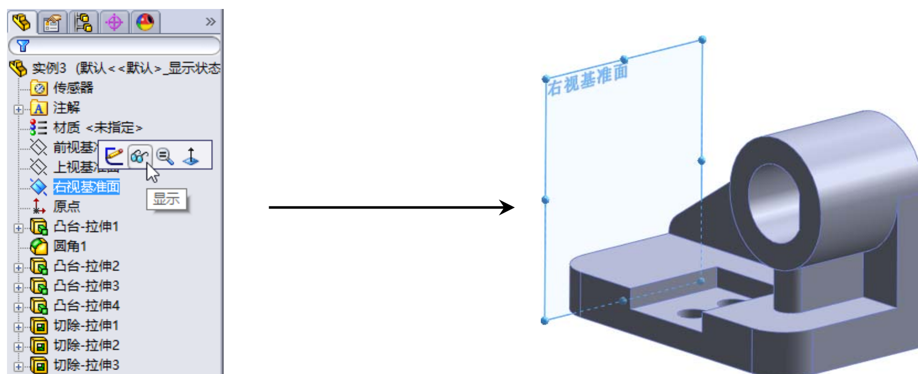


图 1-45 显示“前视基准平面”操作

STEP 9 取消“基准面”的显示，单击 FeatureManager 模型树中的“凸台-拉伸 4”特征，在弹出的工具栏中选择“压缩”按钮，将特征压缩，如图 1-46 所示。

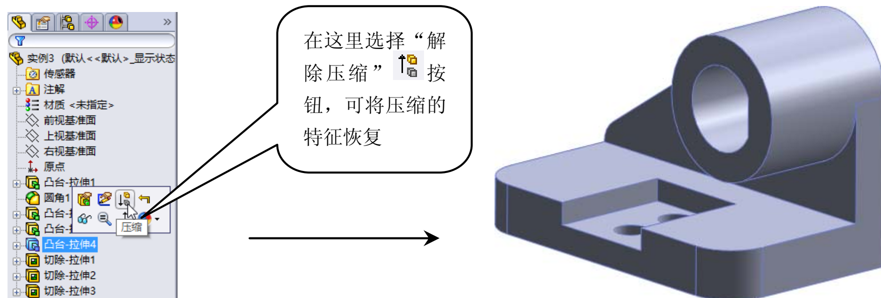


图 1-46　压缩特征操作

1.5　SolidWorks 对象操作和管理

SolidWorks 中有一些常用的对象操作和管理方法，比如创建对象的方法、鼠标和键盘操作、选择和删除对象的方法等，灵活掌握这些操作，是学好 SolidWorks 的关键。

1.5.1 创建对象

在 SolidWorks 中，通常使用特征工具条中的按钮直接创建三维对象，“拉伸凸台/基体”和“旋转凸台/基体”是无需附着其他实体，能够在“草图”基础上直接创建实体的按钮，下面看一个使用“拉伸凸台/基体”按钮创建圆柱体的实例。

STEP 1 新建一个“零件”类型的文件，单击“特征”工具条中的“拉伸凸台/基体”按钮，然后在操作区中选择一基准面作为绘制“拉伸凸台/基体”草图的平面，如图 1-47 所示。

STEP 2 选择基准面后，系统进入草绘模式，在此模式下单击“绘制圆”按钮，以中心点为圆心，绘制一个圆，如图 1-48 所示。草图绘制完成后，单击右上角的“确定”按钮，退出草图模式。

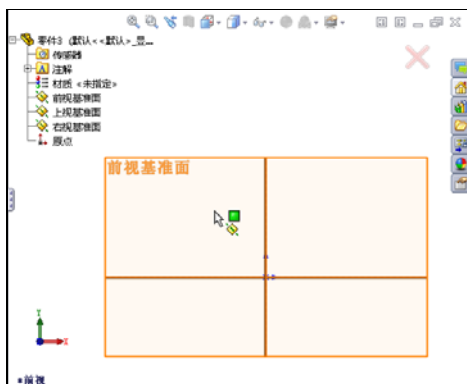


图 1-47　选择绘图平面

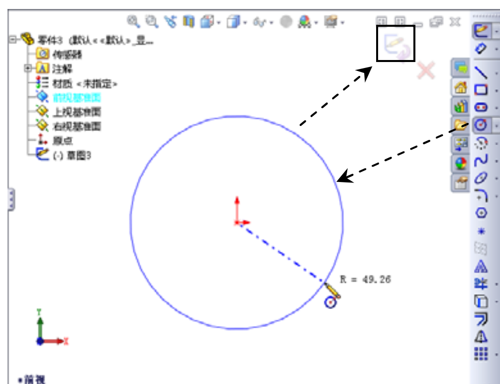


图 1-48　绘制圆的操作

STEP 3 系统打开“拉伸”属性设置页面，如图 1-49 左图所示，设置拉伸高度为 100，单击绘图区右上角的“确认”按钮✓，完成圆柱体的绘制，其效果如图 1-49 右图所示。

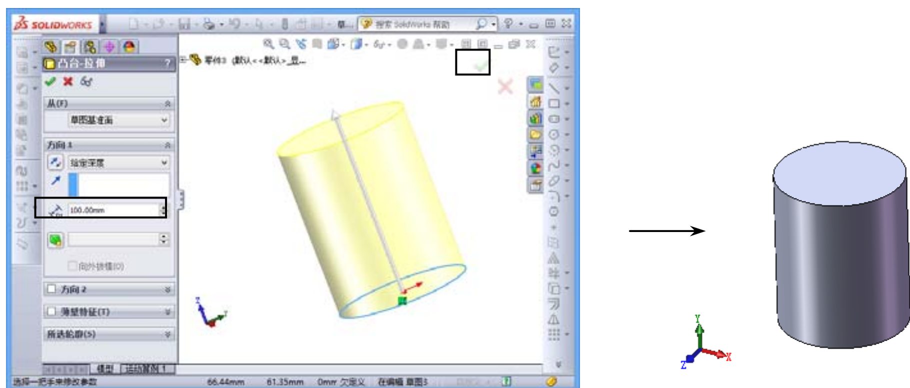


图 1-49　设置拉伸高度和绘制的圆柱体

1.5.2 选择对象

选择对象是一个很普遍的操作，下面来看一下选择对象的方法：

- 鼠标单击：在工作区利用鼠标单击可选择对象。按住〈Ctrl〉键继续单击其他对象可选择多个对象，如图 1-50 所示。

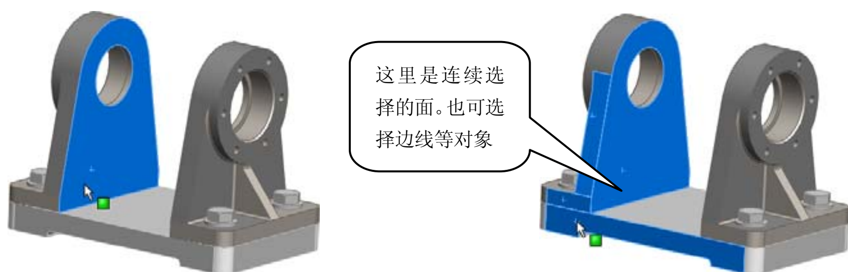


图 1-50　选择对象和选择多个对象的操作

- 框选：可以通过拖动选框来选择对象，利用鼠标在对象周围拖出一个方框，方框内的对象将全部被选中，如图 1-51 所示。可以在选取对象时按住〈Ctrl〉键，通过拖动多个选框来选择多组对象。

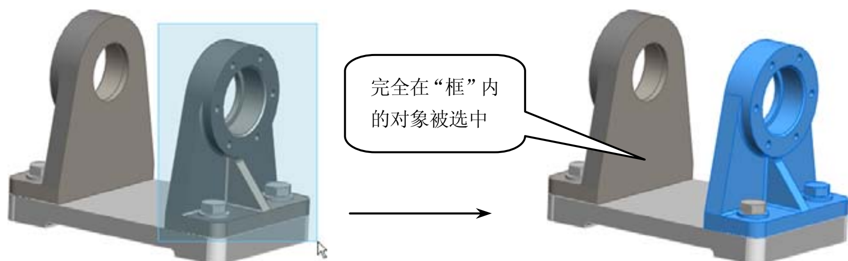


图 1-51　框选选择对象



当从左到右框选对象时，只有框中的对象被选中（图 1-51）；当从右到左选择对象时，与选框相接的对象也将同时被选中（图 1-52）。

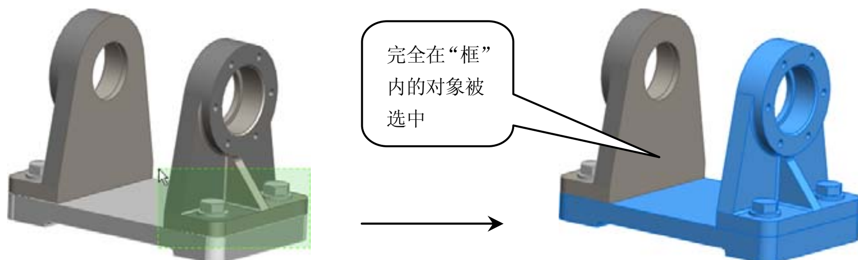


图 1-52　在草图模式下的框选方式

➢ 选择环：右键单击当前选中的对象，在弹出的快捷菜单中选择“选择环”菜单项，可选择与当前对象相连边线的环组，如图 1-53 所示。

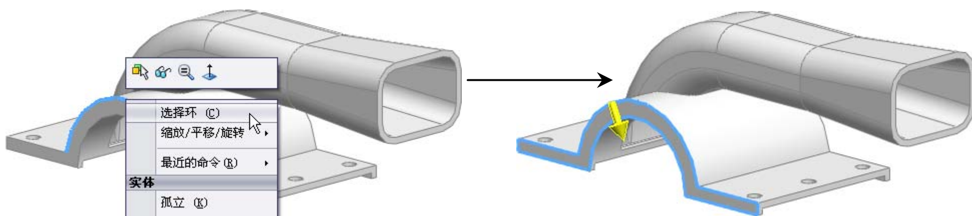


图 1-53　“选择环”操作

➢ 相切选择：右键单击曲线、边线或面，在弹出的菜单中选择“选择相切”菜单项，可以选择与此对象相切的对象，如图 1-54 所示。

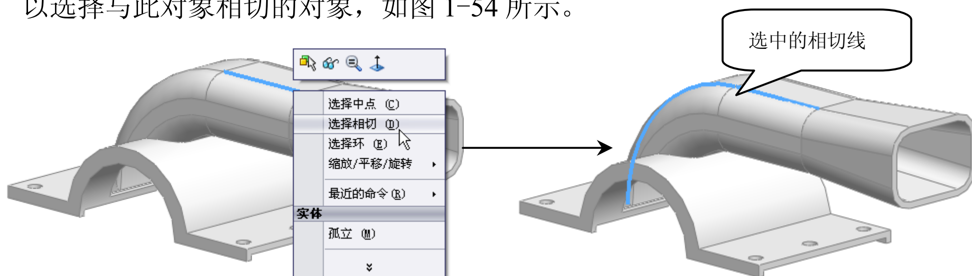


图 1-54　选择相切操作



在 SolidWorks 2013 中增加了“选择中点”功能，如图 1-54 所示，右击某条线，在弹出的快捷菜单中选择“选择中点”命令，将选中并标注出此曲线的中点位置。

➢ 选择其他：在工作区中右键单击模型然后单击“选择其他”按钮，可将当前选择的对象（如面）隐藏，从而选择被其隐藏的对象，如图 1-55 所示。



在执行“选择其他”命令时将同时打开“选择其他”对话框，如图 1-55 右图所示，在此对话框中按出现顺序列举了与当前选择对象相关的其他对象（面、边线、子装配体等）。将光标停留在清单的对象上，此对象会高亮显示。上下移动光标，找到需要选择的对象后单击即可选择该对象。

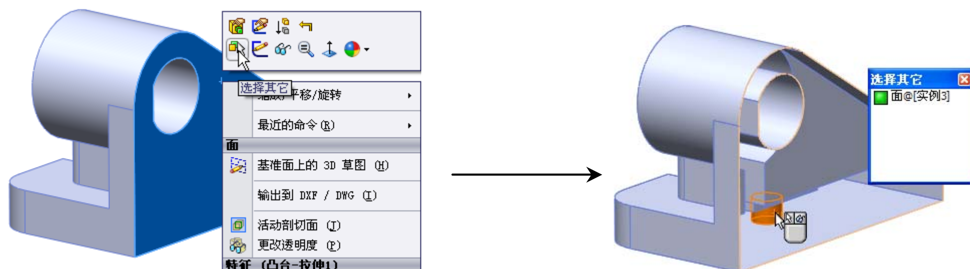


图 1-55 “选择其他”操作

➢ 模型树选择：通过在 FeatureManager 模型树中选择其名称可以选择特征、草图、基准面和基准轴等，如图 1-56 左图所示。



在选择对象的同时按住〈Shift〉键，可以选择多个连续项目；在选择的同时按住〈Ctrl〉键，可以选取多个非连续项目。右键单击模型树中的特征（除了材质、光源、相机和布景），在弹出的快捷菜单中选择“转到”菜单项，如图 1-56 右图所示，可以按名称搜索特征。

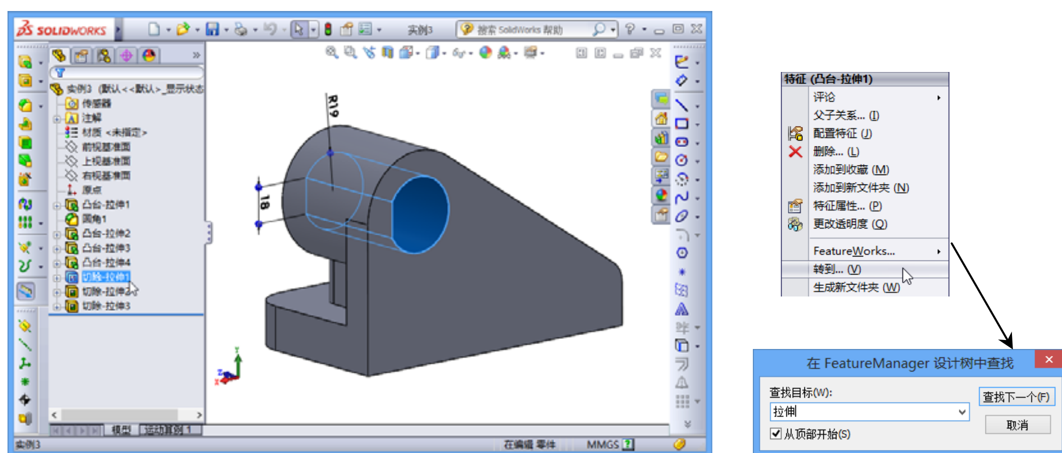


图 1-56 使用模型树选择对象和根据对象名称选择对象的操作

➢ 逆选：逆转选择将选择文件中与当前选择对象类似的所有其他对象，而取消当前选择的对象。要逆选选择对象，可右击当前选中的对象，然后在弹出的快捷菜单中，选择

“逆选选择”命令，如图 1-57 所示。

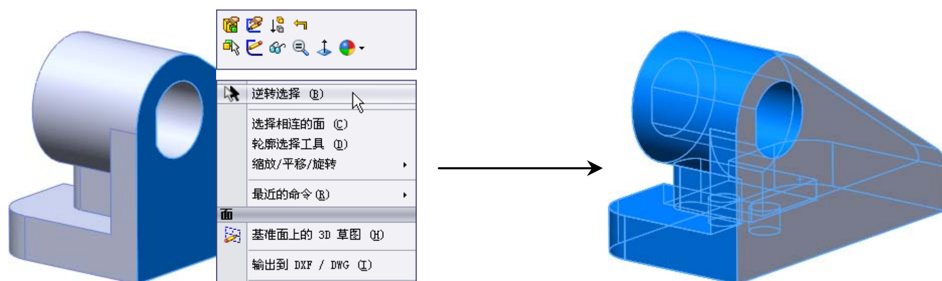


图 1-57　逆选选择对象的操作

➢ 选择过滤器：使用“选择过滤器”可以选择模型中的特定项，例如可设置只能选取边线，如图 1-58 所示。可按〈F5〉键打开“选择过滤器”工具栏。“选择过滤器”各个按钮的作用如图 1-58 左图中的标注所示。

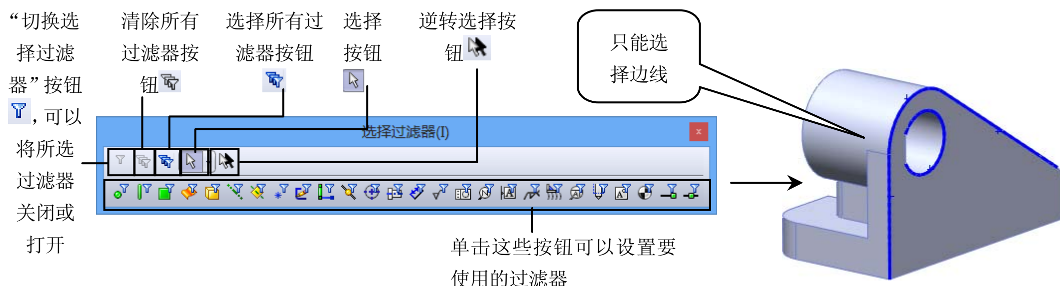


图 1-58　使用“选择过滤器”选择对象的操作



要取消对象的选取，可采用以下几种方法：

✧ 按〈Esc〉键，可取消全部对象的选取。

✧ 按〈Ctrl〉+鼠标左键，可取消选取单击的对象。

✧ 单击空白区域，可取消全部对象的选取。

1.5.3 删除对象

删除对象的方法十分简单，在选择好要删除的对象后，直接按〈Delete〉键（或在 FeatureManager 模型树中右击，在弹出的快捷菜单中选择“删除”）即可完成删除；如果想撤销删除，只需单击“标准”工具条中的“撤销”按钮即可。

在删除对象时需要注意以下几点：

➢ 不能删除非独立存在的对象，如实体的表面、包括其他特征的对象等。

➢ 不能直接删除被其他对象引用的对象，如通过“拉伸”草绘曲线生成实体后，不能将该草绘曲线删除。

1.5.4 隐藏对象

在建模过程中，如果所建模型的一部分阻碍了其他对象的绘制，那么可以将某些对象暂时隐藏以方便操作。

在 FeatureManager 模型树中右击要隐藏（或显示）的对象，在弹出的工具栏中单击“隐藏”按钮（或“显示”按钮）可隐藏（或显示）对象，如图 1-59 所示。

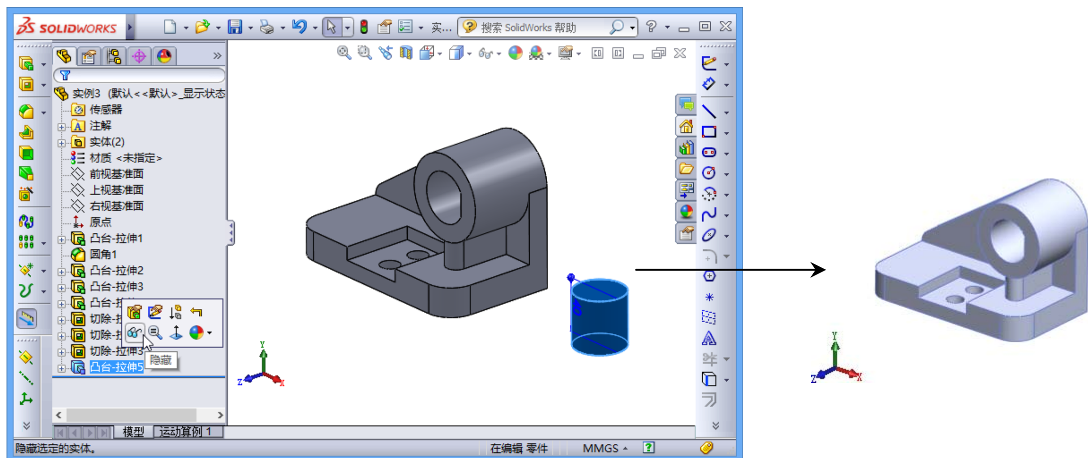


图 1-59　隐藏对象



> 需要注意的是，隐藏的对象不能与其他对象有关联，否则所有关联对象将会全部隐藏。
>
> 也可以单击“压缩”按钮将对象压缩，压缩的对象只需考虑特征的父子关系，无需考虑关联性。
>
> “压缩”的对象不被装入内存，不参与模型的大多数运算，主要是为了减少系统的运算量；而隐藏对象，仍然处于内存中，而且参与模型的运算，主要是为了方便操作。

实例精讲——绘制工件

下面设计一个连接件（如图 1-60 所示）来了解一下使用 SolidWorks 制作模型的方法。

【制作分析】

本实例仅是一个建模操作的演示过程，不要求大家掌握其中所有操作的意义（具体操作可详见本书素材中的视频），其所涉及的知识在后续章节中将会详细讲解。

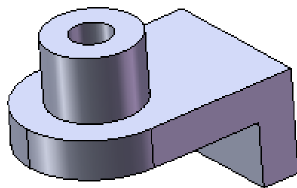


图 1-60　连接件

【制作步骤】

STEP 1 新建一个零件类型的模型文件，单击“特征”工具栏中的“拉伸凸台/基体”按钮，在绘图区的模型树中选择“前视基准面”作为草图绘制面，如图 1-61 所示。

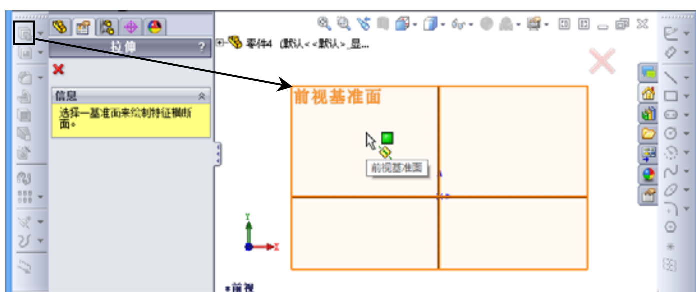


图 1-61 执行“拉伸凸台/基体”操作并选择草图绘制面

STEP 2 单击“草图”工具栏的“线”按钮，沿着系统捕捉线，保持竖直或平行，绘制出如图 1-62 所示的图形轮廓，绘制完毕后按〈Esc〉键退出直线的绘制状态。

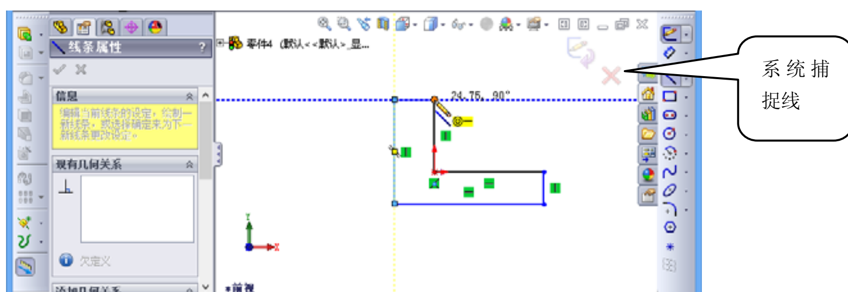


图 1-62 在草图模式下绘图

STEP 3 如图 1-63 所示，选择草图轮廓的底部直线，在左侧参数栏中设置曲线的长度为 90，并按照图中所示设置其他曲线的长度，最后单击“确定”按钮继续。

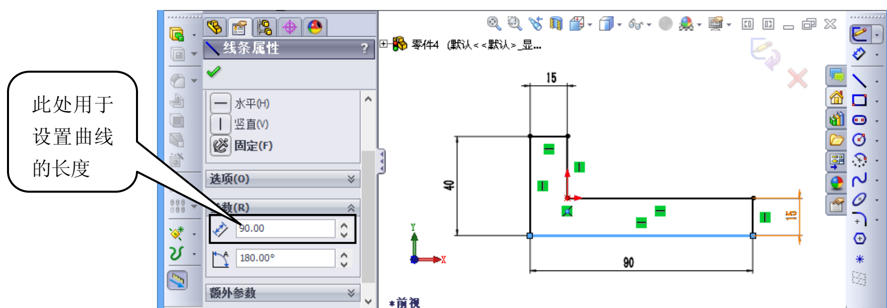


图 1-63 设置曲线长度

STEP 4 系统打开“拉伸”属性设置操作界面，如图 1-64 所示，在左侧“拉伸”属性管理器的“方向 1”卷展栏中设置拉伸的高度为 60，并单击“确定”按钮，完成工件的初始拉伸操作。

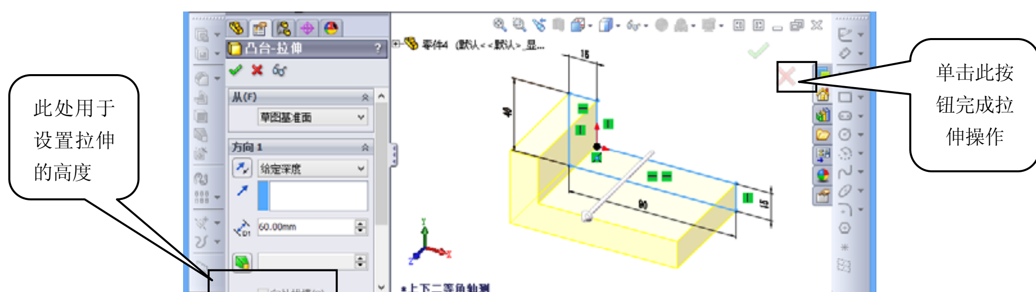


图 1-64 设置拉伸高度

STEP 5 单击“特征”工具栏中的“圆角”按钮，打开如图 1-65 所示的“圆角”属性管理器，单击工件的两条边，并设置圆角半径为 30，单击“确定”按钮继续。

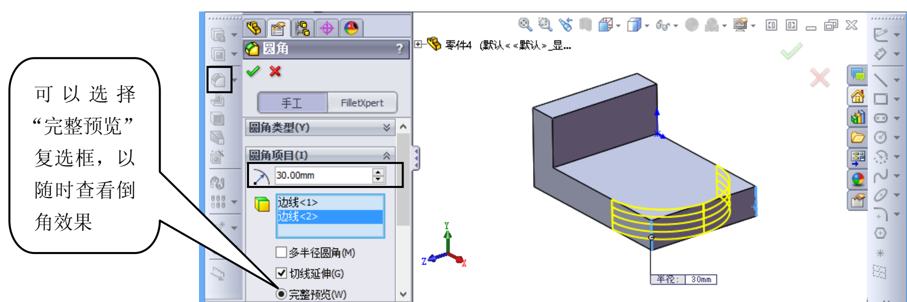


图 1-65 设置倒角

STEP 6 单击“特征”工具栏中的“拉伸凸台/基体”按钮，选择工件的下表面作为草图绘制面，并使用“圆”按钮绘制如图 1-66 所示的圆（注意选择与“倒圆”同圆心），圆的半径为 18，单击“确定”按钮继续。

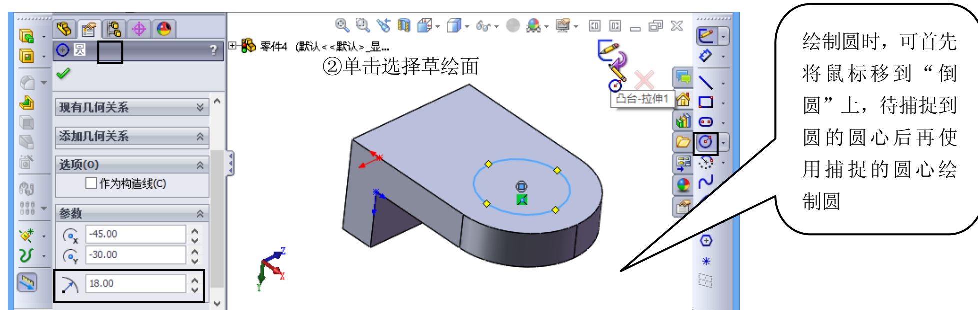


图 1-66 绘制拉伸的底面轮廓

STEP 7 按步骤 4 的操作设置此时拉伸的高度为 25，如图 1-67 所示，并单击“确定”按钮完成拉伸操作。

STEP 8 单击“特征”工具栏中的“拉伸切除”按钮，选择圆柱的上表面作为草图绘制面，并绘制如图 1-68 所示的圆（注意与“圆柱”同圆心），单击“确定”按钮继续。

STEP 9 如图 1-69 所示，设置拉伸切除的高度为 40，单击“确定”按钮完成工件的制作，最终效果如图 1-60 所示。

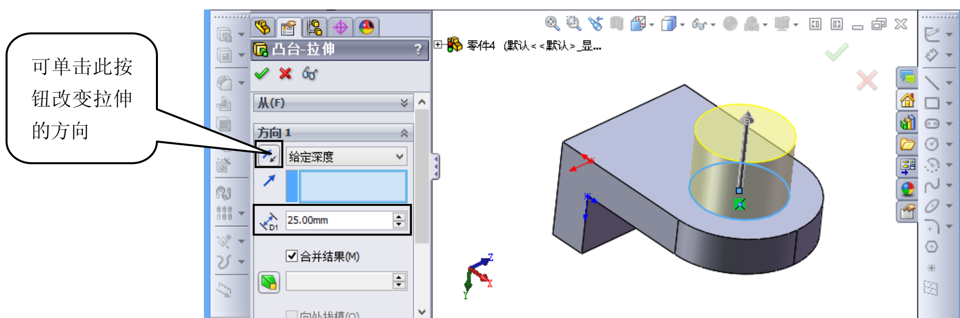


图 1-67　设置拉伸高度

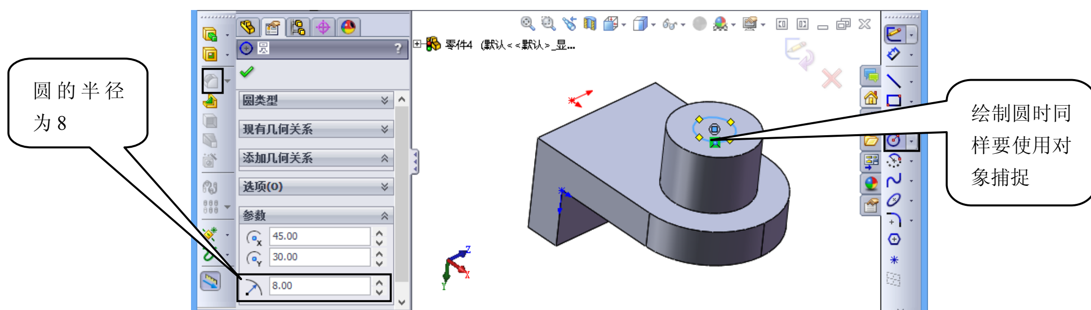


图 1-68　绘制拉伸切除的草图轮廓

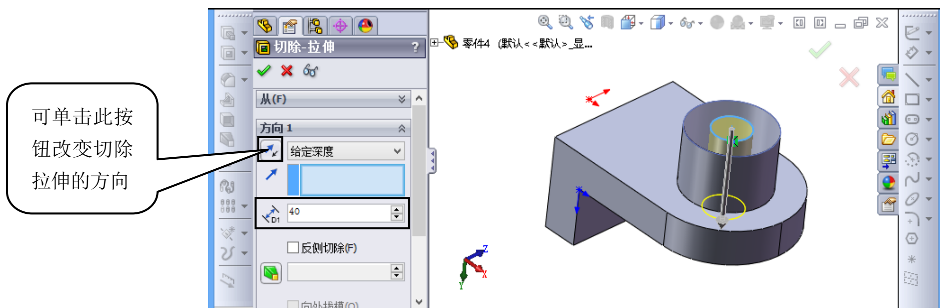


图 1-69　设置拉伸切除的高度

1.6　本章小结

学完本章内容后，用户应对 SolidWorks 软件和使用它设计模型的思路有一个基本的了解，熟练掌握新建、打开和保存文件的方法；掌握工具栏的打开和关闭，以及工具栏命令按钮的添加方法；还需掌握调整视图以及选择、删除和隐藏对象的方法，为后面的学习打下坚实的基础。

1.7　思考与练习

一、填空题

（1）____________、____________、______、_____和______是目前 CAD 领域应用最广的几个软件，____________属于低端 CAD 软件，_________属于中端 CAD 软件，_______、

___和_______属于高端 CAD 软件。

（2）在 SolidWorks 中，按照特征的性质不同，特征可分为____________、____________与____________。

（3）如果一个特征取决于另一个对象而存在，则它是此对象的_________或相关对象。

（4）在新建一个零件模型时，为了便于操作，系统提供了_____、_____和_____三个基准面，以及一个_______________，我们将其称为基准特征。

（5）如果出现无法导入文件的情况，可先在 Creo 等软件中将文件导出为_____文件格式，然后再进行导入操作。

（6）SolidWorks 可以创建三种不同类型的文件：_________、_________和_________。

（7）_________工具栏是一个与当前绘制内容密切相关的工具栏，可以推测用户的当前需要，从而动态更新工具栏上的显示内容。

（8）按住_______键和鼠标滚轮，然后移动鼠标可以平移视图。

（9）_________按钮在模型状态下，基本上对模型的显示没有明显作用，只有对视图进行渲染后，才可查看其设置效果。

（10）右键单击当前选中的对象，在弹出的快捷菜单中选择___________菜单项，可选择与当前对象相连边线的环组。

二、问答题

（1）SolidWorks 主要用在什么领域？都有哪些特点？

（2）SolidWorks 产品的设计过程是怎样的？

（3）如何新建一个 SolidWorks 零件文件？

（4）SolidWorks 2013 的工作界面由哪些部分组成，它们各有什么作用？

（5）如何设置 SolidWorks 的绘图区背景？简单介绍一下。

（6）如何在新建的零件文件中添加“钣金”工具栏？

三、操作题

（1）打开“特征”工具栏，并尝试添加或删除其中的命令按钮。

（2）打开本书提供的素材文件 1-LX.SLDPRT，如图 1-70 所示，练习选择、隐藏对象，以及旋转、平移和缩放视图等操作。



图 1-70　LX. SLDPRT 文件

第 2 章　草 图 绘 制

本章要点

- 草图基本操作
- 草图绘制实体
- 草图绘制工具
- 尺寸标注与几何关系

学习目标

本章讲述草图绘制的基本操作，包括草图实体（如直线、多边形、圆和抛物线）的绘制和草图编辑。草图实体绘制包括直线、多边形、圆和圆弧、椭圆/椭圆弧、抛物线、中心线、样条曲线和文字等的绘制；草图编辑包括圆角、倒角、等距实体、转换实体引用、剪裁/延伸草图、构造几何线、镜像草图和阵列草图等工具的使用。此外，标注尺寸和添加几何关系也是编辑定义草图的重要组成部分。

2.1　草图基本操作

SolidWorks 中模型的创建都是从绘制二维草图开始的，草图指的是一个平面轮廓，用于定义特征的截面形状、尺寸和位置等。如图 2-1 所示即是一个二维草绘图形。

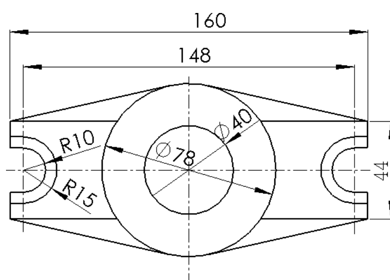


图 2-1　二维草图

2.1.1　进入和退出草绘环境

共有两种进入草绘环境的方法，具体如下：

- 单击“草图”工具栏中的“草图绘制”按钮，或单击“草图”工具栏中的任一绘制草绘图形按钮（直线、边角矩形、圆等），或选择“插入”>“草图绘制”菜单，再选择任一基准平面或实体面即可进入草绘环境，如图 2-2 所示。
- 也可单击“特征”工具栏中的“拉伸凸台/基体”按钮、“旋转凸台/基体”按钮，或选择相应的菜单栏，再选择任一基准平面或实体面即可进入草绘环境，如图 2-3 所示。此时必须绘制闭合草图才能退出草绘环境。

进入草绘环境后，即可按要求绘制草绘图形了。草图绘制完成后，可单击“草图”工具栏中的“退出草图”按钮来退出草绘模式，也可单击工作区右上角的“退出草图”按钮或“取消”按钮来退出草绘模式。

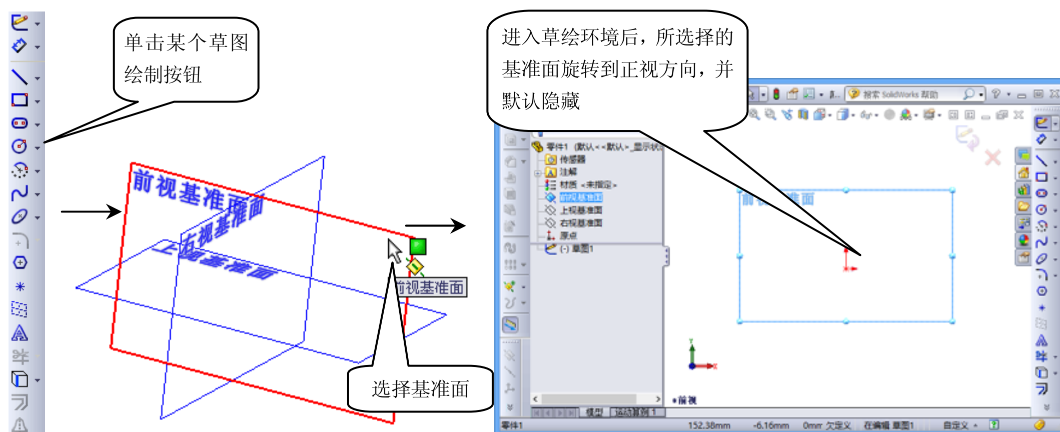


图 2-2 进入草绘环境的方法 1

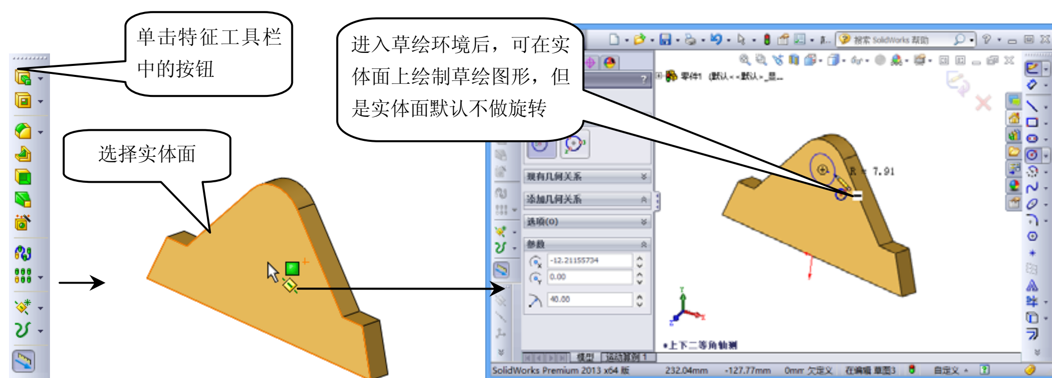


图 2-3 进入草绘环境的方法 2

2.1.2 草图工具栏

草图工具栏提供了草图绘制所用到的大多数工具，并且进行了分类，包括尺寸标注工具、添加几何关系工具、实体绘制工具和草图编辑工具等，详细说明如图 2-4 所示。

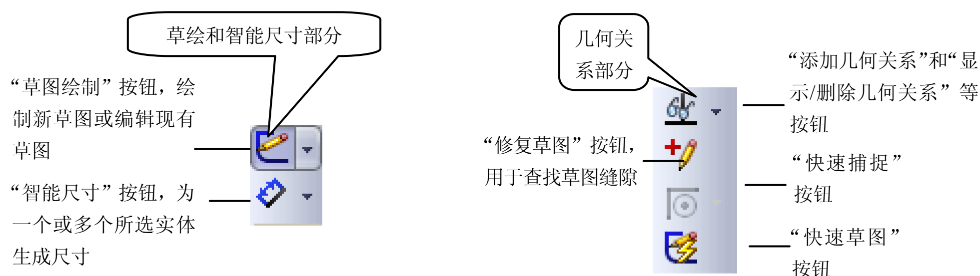


图 2-4 草图工具栏



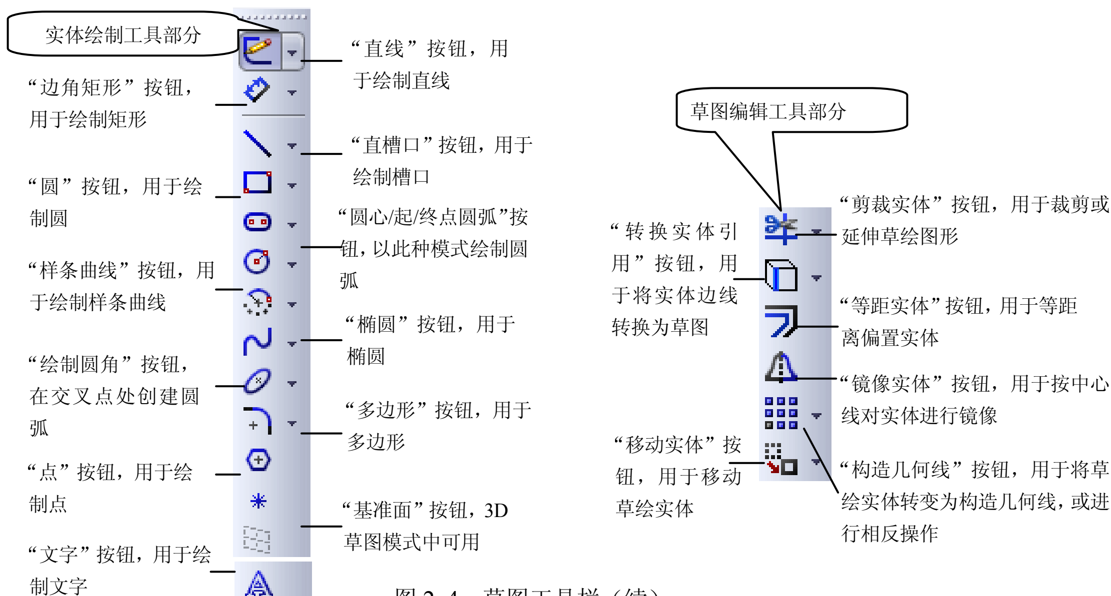


图 2-4　草图工具栏（续）

本章将按照上述分类，分节介绍使用草图工具栏中提供的工具，绘制草绘图形的方法。

2.2　草图绘制实体

草图绘制实体是指直接绘制草图图线的操作，如绘制直线、多边形、圆和圆弧、椭圆和椭圆弧等，下面分小节讲述其操作。

2.2.1　直线

进入草绘环境后，单击“草图”工具栏中的“直线”按钮（或选择“工具”>“草图绘制实体”>“直线”菜单），此时指针形状变为，并且弹出“线条属性”管理器，如图 2-5 左图所示。在绘图区的适当位置单击确定直线的起点，释放鼠标，将光标移到直线的终点后单击，再双击鼠标左键，即可完成当前直线的绘制。

如在绘制终点单击左键，则可以连续绘制互相连接的多条直线，如图 2-5 右图所示。

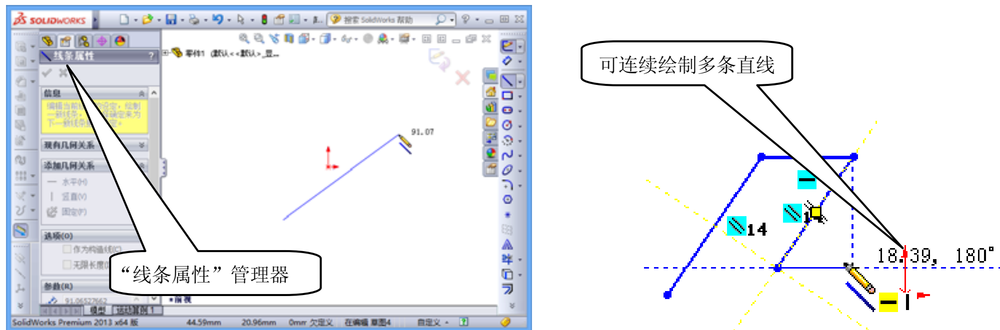


图 2-5　绘制直线操作

在绘制直线的第一个点之前，在线条的属性管理器中，如图 2-6 所示，可设置线条绘制的方向和线条的属性。其中选择“按绘制原样”单选钮可以随意绘制直线，选择“水平”“竖直”或“角度”单选钮可以按设置绘制某个方向上的直线；选择“作为构造线”复选框，可以绘制中心线（关于中心线详见第 2.2.2 节），选择“无限长度”复选框，直线将无限延长。

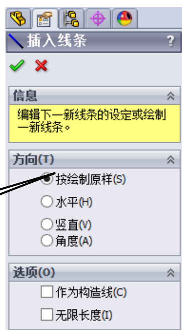


图 2-6　绘制直线前的设置



知识库

除了提前设置直线的属性外，在绘制直线时也可根据提示绘制特殊直线，例如，当笔形鼠标指针的右下角出现符号时，表示将绘制水平直线，如图 2-7 左图所示。除此之外，符号表示“竖直”，符号表示竖直对齐，符号表示两个点“重合”等，如图 2-7 右图所示。

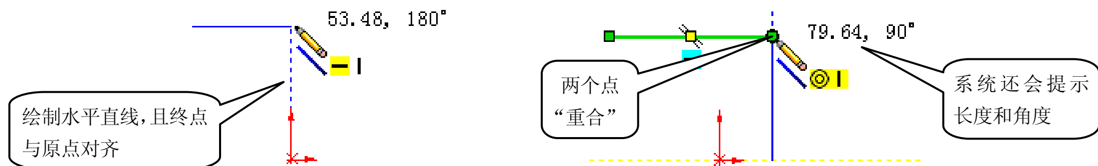


图 2-7　绘制直线时的光标提示

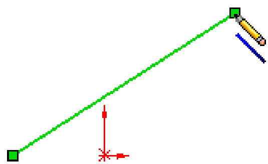
直线绘制完成后，单击“草图”工具栏中的“直线”按钮，按钮颜色变为灰色，即可退出绘制直线命令。



提示

在直线的第二个点绘制完成且未移动鼠标前，如图 2-8 左图所示，可以在线条属性管理器中输入直线第二点的精确参数，如图 2-8 右图所示。

另外，在直线第二个点绘制完成后，鼠标指针顺着直线向着直线的绘制方向移动，如图 2-9 左图所示，再将鼠标指针移动到直线的外部，可以绘制与已绘直线相切的圆弧，如图 2-9 右图所示。



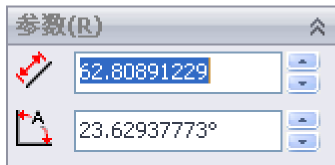


图 2-8　绘制直线时的光标提示

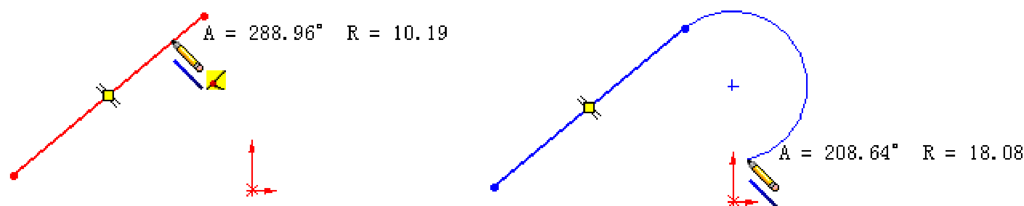


图 2-9　绘制与直线连接的圆弧

若要修改直线的长度或角度，可选择一个端点并拖动，如图 2-10a 所示（对于水平或竖直的直线，在调整角度前应删除其约束，详见下面提示）；若要移动直线可选择该直线并将它拖动到另一位置，如图 2-10b 所示；若要删除直线，则用鼠标选中直线后按〈Del〉键即可。

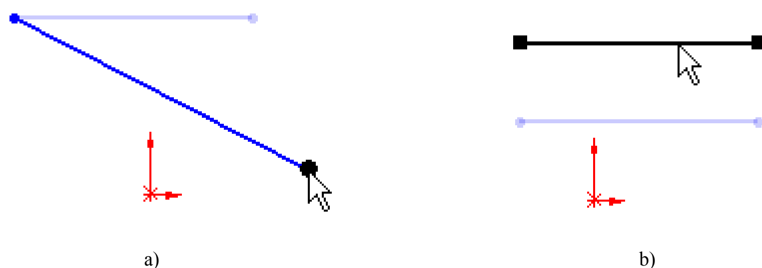


图 2-10　修改直线的方式

a) 修改直线长度和角度　b) 移动直线



如果修改的直线具有竖直或水平几何关系（在直线下面显示━或┃标志），在改变直线角度之前，应删除其几何关系。删除方法如图 2-11 所示，用鼠标选中该直线几何关系的提示符号，符号变为粉红色，然后按〈Del〉键，即可将其删除。

所谓几何关系即是对直线的“约束”，详细添加方法将在第 2.4 节讲述。

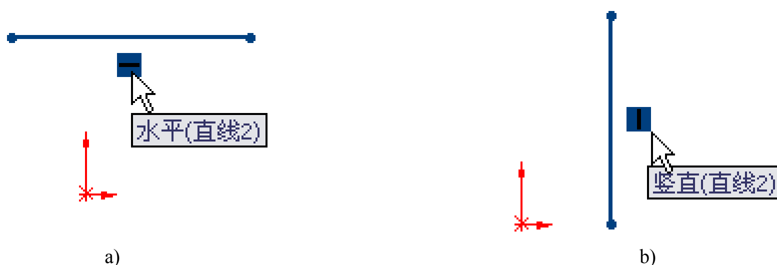


图 2-11　删除几何关系

a) 删除水平几何关系　b) 删除竖直几何关系

2.2.2 中心线

“中心线”也称为“构造线”，主要起参考轴的作用，通常用于生成对称的草图特征或旋

转特征，如图 2-12 所示。

除了第 2.2.1 节讲述的在绘制直线时选择绘制中心线的方法外，单击“草图”工具栏中的“中心线”按钮（位于“直线”按钮右侧的下拉列表中）也可绘制中心线，其绘制方法与绘制直线基本相同，只是中心线通常显示为点画线。

另外单击“构造几何线”按钮也可将直线转变为中心线（此按钮需通过自定义调出）。

2.2.3 矩形

进入草绘环境后，单击“草图”工具栏中的“矩形”按钮（或选择“工具”>“草图绘制实体”>“矩形”菜单），此时指针形状变为，并且在控制区弹出“矩形”属性管理器，如图 2-13 所示。

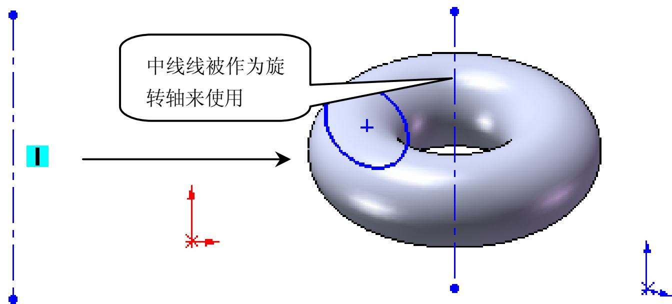


图 2-12　中心线和其作用

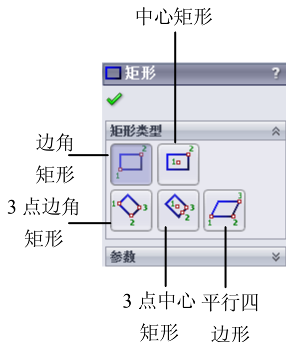


图 2-13　“矩形”属性管理器

在“矩形”属性管理器的“矩形类型”卷展栏中可以发现有 5 种创建矩形的方式，分别为：边角矩形、中心矩形、3 点边角矩形、3 点中心矩形和平行四边形，下面分别介绍一下这 5 种创建矩形的方法。

1．边角矩形

“边角矩形”是通过两个对角点绘制矩形的方式。在“矩形”属性管理器的“矩形类型”卷展栏中单击“边角矩形”按钮，可以采用“边角矩形”方式绘制矩形，在绘图区的不同位置单击两次，即可绘制边角矩形，如图 2-14 所示。

2．中心矩形

“中心矩形”是通过中心点和对角点绘制矩形的方式。在“矩形”属性管理器的“矩形类型”卷展栏中单击“中心矩形”按钮，可以采用“中心矩形”方式矩形，在绘图区中单击确定矩形中心点的位置，然后移动鼠标以中心点为基准向两边延伸，调整好矩形的长度和宽度后，单击鼠标左键即可绘制中心矩形，如图 2-15 所示。

3．3 点边角矩形

“3 点边角矩形”是通过确定 3 个角点绘制矩形的方式。在“矩形”属性管理器的“矩形类型”卷展栏中单击“3 点边角矩形”按钮，可以采用“3 点边角矩形”方式绘制矩形。

在绘图区单击确定第 1 点，然后移动鼠标从该点处产生一跟踪线，该线指示矩形的宽度，在合适位置处单击确定第 2 点（确定矩形的宽度和倾斜角度），最后沿与该线垂直的方向移动鼠标调整矩形的高度，并单击确定第 3 点即可生成矩形，如图 2-16 所示。

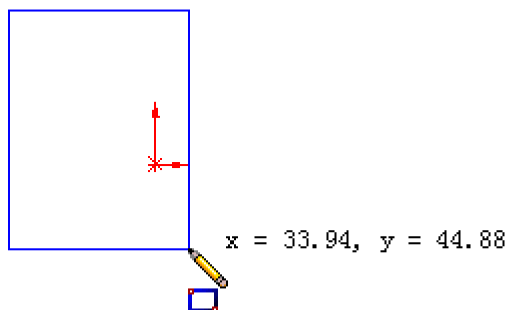


图 2-14 绘制边角矩形

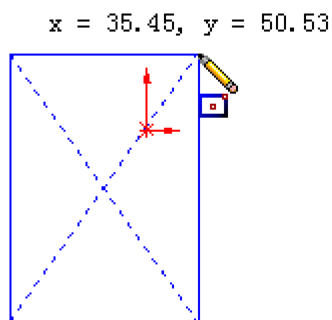


图 2-15 绘制中心矩形

4．3 点中心矩形

“3 点中心矩形”是通过矩形中心点和两个角点绘制矩形的方式。在“矩形”属性管理器的“矩形类型”卷展栏中单击“3 点中心矩形”按钮，可以采用“3 点中心矩形”方式绘制矩形。

在绘图区单击确定矩形中心点的位置，然后移动鼠标从该点处产生一跟踪线，该线确定矩形的一半长度，在合适位置处单击确定第 2 点（此点确定矩形的长度和倾斜角度），然后沿与该线垂直的方向移动鼠标调整矩形另一边的长度，并单击鼠标左键确定第 3 点即可生成矩形，如图 2-17 所示。

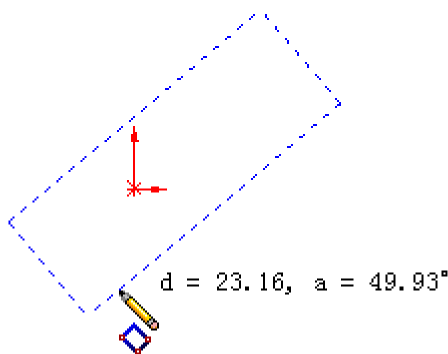


图 2-16 3 点边角矩形

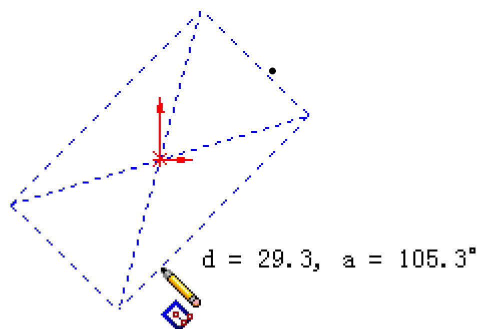


图 2-17 3 点中心矩形

5．平行四边形

“平行四边形”与“3 点中心矩形”方式基本相同，都是通过三个角点来确定矩形，只是此命令可以用于绘制平行四边形。在“矩形”属性管理器的“矩形类型”卷展栏中单击“平行四边形”按钮，可以“平行四边形”方式绘制平行四边形。

在绘图区单击确定平行四边形起点的位置，移动鼠标从该点处产生一跟踪线，该线指示平行四边形一条边的长度，在合适位置处单击确定第 2 点，然后移动鼠标确定平行四边形第 3 个点的位置，单击即可生成平行四边形，如图 2-18 所示。

通过上述操作绘制矩形后，可通过左侧“参数”卷展栏更改矩形每个角点的坐标值，如图 2-19 所示，使用“中心矩形”和“3 点中心矩形”方式绘制的矩形还可更改中心点的坐标值。

另外单击属性管理器中的“关闭对话框”按钮可退出矩形绘制模式。

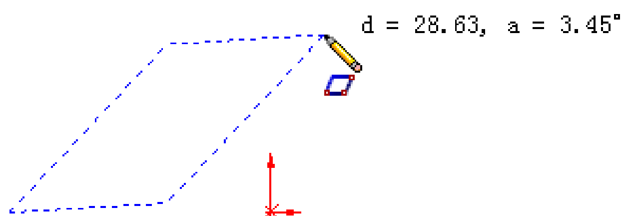




图 2-18　绘制平行四边形　　　图 2-19 “矩形”属性管理器的“参数”卷展栏



可在退出矩形绘制模式后，通过拖动矩形的一个边或顶点，来修改矩形的大小和形状，如图 2-20 所示。

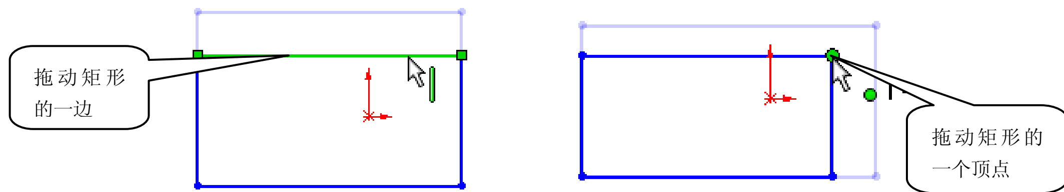


图 2-20　修改矩形

2.2.4 多边形

进入草绘环境后，单击“草图”工具栏中的“多边形”按钮 （或选择“工具”>“草图绘制实体”>“多边形”菜单），此时鼠标指针变为 ，并且弹出“多边形”属性管理器，如图 2-21 左图所示。在绘图区的适当位置单击确定多边形中心点的位置，移动鼠标，此时系统提示鼠标指针与中心点的距离和旋转角度，再次单击完成绘制。

通过上述操作后，基本绘制出一个多边形，此时在“多边形”的属性管理器中，可设置多边形的边数、中心坐标、内切圆或外接圆的直径以及角度等（如图 2-21 右图所示为更改边数的多边形效果）。再次单击“多边形”按钮 可退出多边形绘制状态。



退出“多边形”绘制模式后，可拖动多边形的一条边，修改多边形的大小，如图 2-22 左图所示；若要移动多边形，可通过拖动多边形的顶点或中心点来完成，如图 2-22 右图所示。



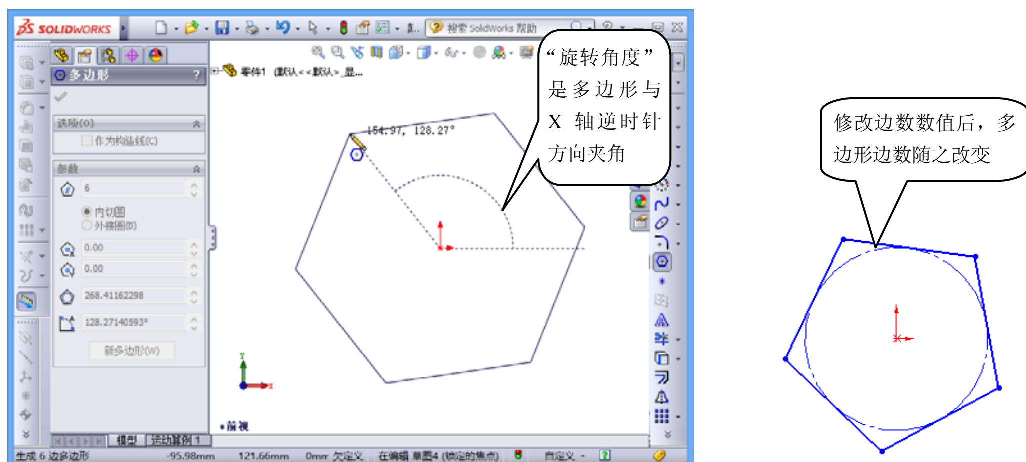


图 2-21　绘制多边形

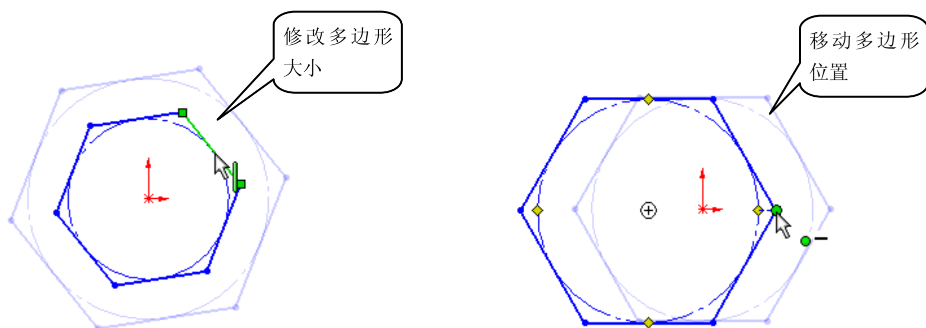


图 2-22　修改多边形的大小或位置



知识库

若想让多边形的边具有不同的长度或几何状态，可在选择多边形的边线后，在“多边形”属性管理器的“现有几何关系”卷展栏中（图 2-23 中图）删除“阵列”几何关系，此时就可以随意地改变多边形的形状了，如图 2-23 右图所示。

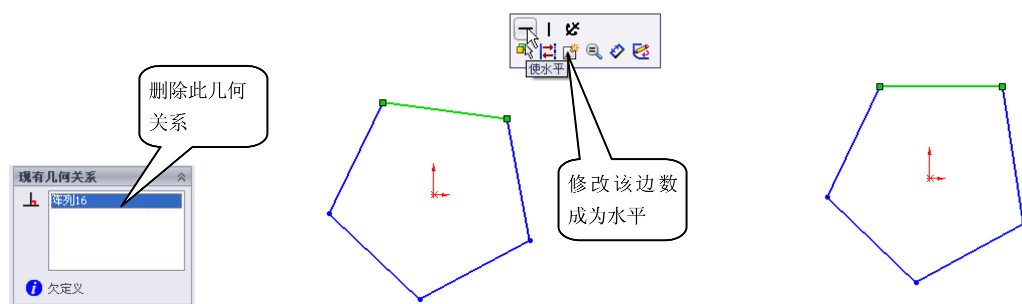


图 2-23　修改多边形的边线

2.2.5 圆

进入草绘环境后，单击“草图”工具栏中的“圆”按钮（或选择“工具”>“草图绘制实体”>“圆”菜单），将打开“圆”属性管理器，如图 2-24 所示。在“圆”属性管理器的“圆类型”卷展栏中可以发现系统提供了两种创建圆的方式——“圆”和“周边圆”，下面分别讲解其操作。

1．圆

此种方式是通过拾取圆心和圆上一点来创建圆。如图 2-24 所示，在“圆”属性管理器的“圆类型”卷展栏中单击“圆”按钮，此时鼠标指针形状变为，然后在绘图区单击指定一点作为圆心，移动鼠标指针，再次单击确定圆上一点，由此即可绘制一个圆。最后单击属性管理器中的“关闭对话框”按钮，结束圆的绘制操作。



知识库

在退出圆的绘制模式后，将光标放置在圆的边缘或是圆心上，可通过拖动来修改圆的属性。例如，可拖动圆的边线来放大或缩小圆，拖动圆的中心来移动圆，如图 2-25 所示。

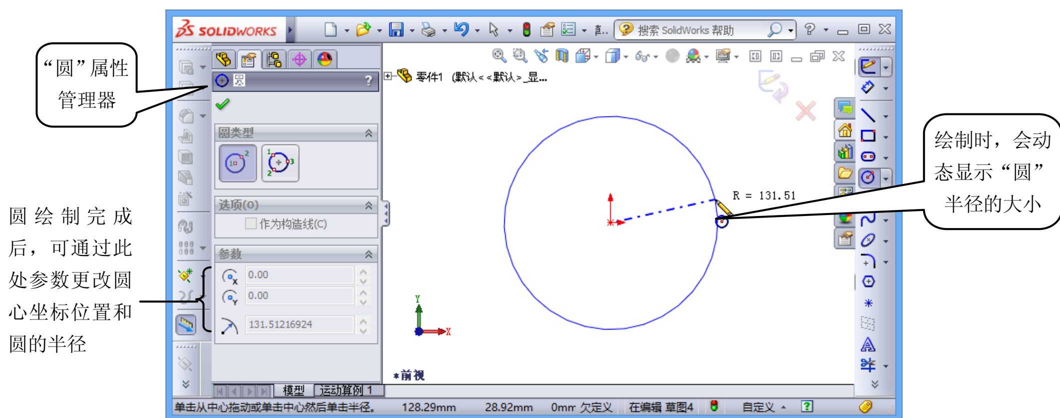


图 2-24　绘制圆及“圆”属性管理器

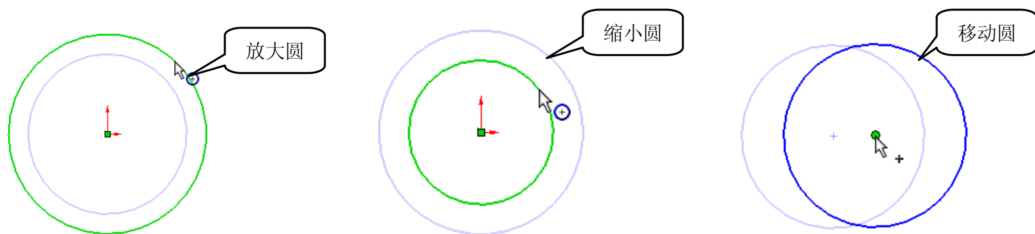


图 2-25　修改圆的大小及位置

2．周边圆

此种方法是通过拾取 3 个点来创建圆。在“圆类型”卷展栏中单击“周边圆”按钮，然后在工作区中 3 个不共线的位置各单击一次，即可创建一个圆，如图 2-26 所示，最后单击

属性管理器中的“关闭对话框”按钮✔，结束周边圆的绘制操作。

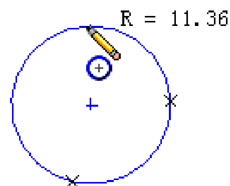


图 2-26　绘制周边圆的过程

2.2.6 圆弧

在 SolidWorks 中绘制圆弧主要有“圆心/起/终点圆弧”“切线弧”和“三点圆弧”三种方法，下边分别介绍其绘制过程。

1．圆心/起/终点圆弧

此种方式是通过选取弧圆心和端点来创建圆弧。进入草绘环境后，单击“草图”工具栏中的“圆心/起/终点圆弧”按钮（或选择“工具”>“草图绘制实体”>“圆心/起/终点圆弧”菜单），此时鼠标指针形状变为，然后在草绘区单击指定一点作为弧的圆心，移动鼠标指针，会有虚线圆出现，在虚线圆上的两个不同位置各单击一次确定弧的两个端点，即可绘制一段圆弧，如图 2-27 所示。

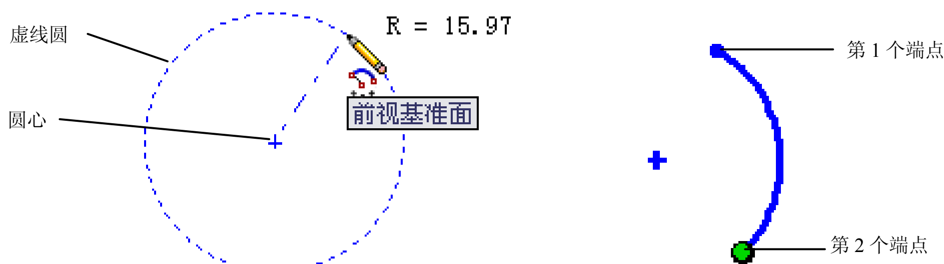


图 2-27　“圆心/起/终点”方式绘制圆弧操作

最后单击属性管理器中的“关闭对话框”按钮✔，可结束圆弧的创建操作。

2．切线弧

如果绘图区有直线、弧或者样条曲线存在，可以创建一段在其端点处与这些图元相切的弧，操作如下。

进入草绘环境后，单击“草图”工具栏中的“切线弧”按钮（或选择“工具”>“草图绘制实体”>“切线弧”菜单），此时指针形状变为；在某一直线或圆弧的一个端点处单击，确定切线弧的起始点，移动指针在适当的位置再次单击，确定切线弧的方向、半径及终止点，完成切线弧的绘制，如图 2-28 所示。

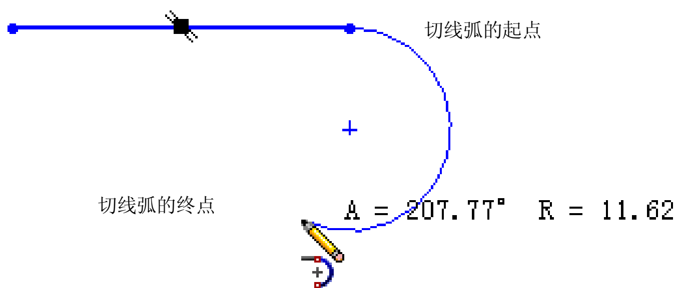


图 2-28　绘制切线弧的操作



需要注意的是，鼠标移动方向不同，所生成的切线弧也不同。例如，顺着直线的方向向后拖动，再向外拖动可以生成向内切的圆弧，如图 2-29 左图所示；从端点位置开始，直接垂直于直线向外拖动，再向两边拖动，将生成与直线垂直的圆弧，如图 2-29 右图所示。

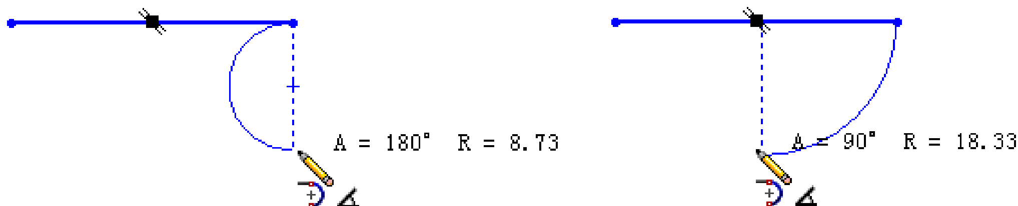


图 2-29 绘制切线弧的不同方式

3．三点圆弧

该方式通过三个点来绘制一段圆弧。进入草绘环境后，单击“草图”工具栏中的“三点圆弧”按钮（或选择 “工具”>“草图绘制实体”>“三点圆弧”菜单），此时指针形状变为；在草绘区的两个不同位置各单击一次指定圆弧的两个端点，此时会有一段弧粘在鼠标指针上，移动鼠标指针，单击可创建一段 3 点弧，如图 2-30 所示。

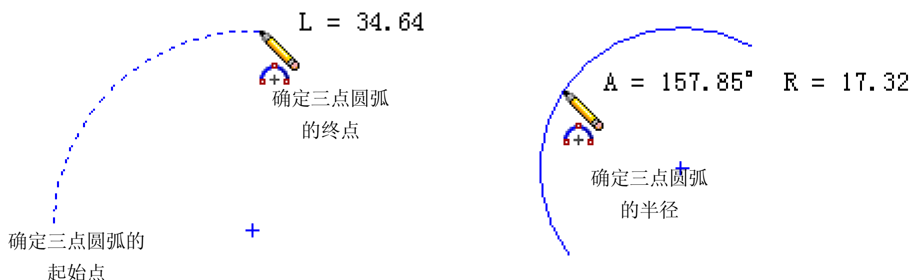


图 2-30 绘制三点圆弧



在圆弧绘制完成且未执行其他操作时（或进入草绘模式后，选择绘制的圆弧），可在“圆弧”属性管理器的“参数”卷展栏中（图 2-31）更改圆弧“圆心”和两个端点的坐标值，以及圆弧的“半径”和圆弧的“角度”。



图 2-31 “圆弧”管理器的参数卷展栏

2.2.7 椭圆

进入草绘环境后，单击“草图”工具栏中的“椭圆”按钮（或选择“工具”>“草图

绘制实体”>“椭圆（长短轴）”菜单），此时指针形状变为；在绘图区的适当位置单击确定椭圆圆心的位置，拖动鼠标并单击确定椭圆的一个半轴的长度，再次拖动鼠标并单击确定椭圆另一个半轴的长度，椭圆绘制完成，如图 2-32 所示。

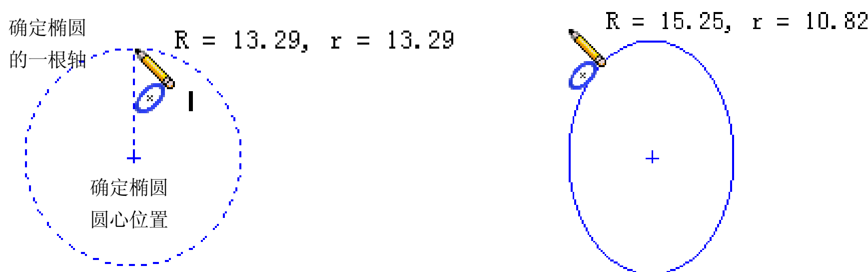


图 2-32　绘制椭圆


知识库

在绘制完成的椭圆上有四个星位，在星位处按下鼠标并拖动，可令椭圆旋转，或调整长轴/短轴的半径，如图 2-33 左图所示；在椭圆圆心处按下鼠标并拖动，可使椭圆绕一个星位旋转（通常为右下角的星位），如图 2-33 右图所示。

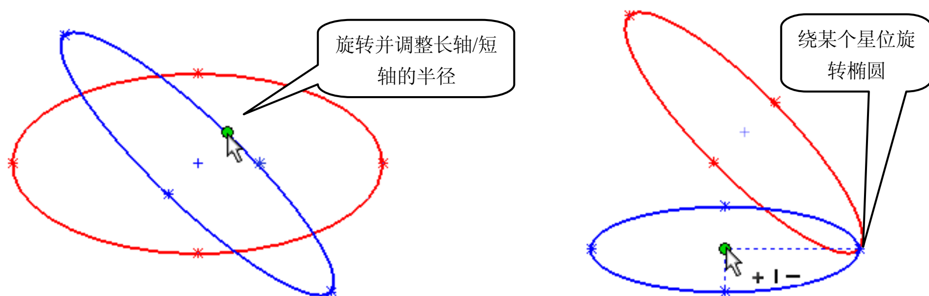


图 2-33　调整椭圆的方法

2.2.8 椭圆弧

可通过如下操作来绘制“椭圆弧”（即部分椭圆）。

STEP 1 进入草绘环境后，单击“草图”工具栏中的“部分椭圆”按钮（或选择“工具”>“草图绘制实体”>“部分椭圆”菜单），此时指针形状变为。

STEP 2 在绘图区的适当位置单击确定椭圆圆心的位置，移动鼠标指针拖出一个虚线圆，如图 2-34 所示。

STEP 3 单击鼠标确定椭圆的一根轴，此时再移动鼠标指针会拖出一个椭圆，如图 2-35 所示。

STEP 4 在椭圆圆周上单击确定椭圆弧的起点位置和椭圆弧的另一个轴的长度，移动指针在椭圆圆周上再次单击确定椭圆弧的终点位置，如图 2-36 所示，部分椭圆创建完成。

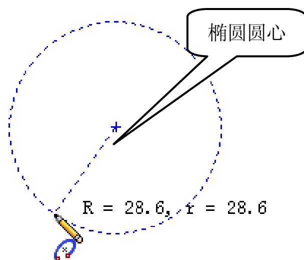


图 2-34　确定部分椭圆的圆心位置

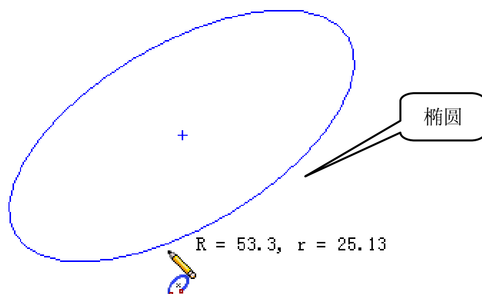


图 2-35　确定部分椭圆的一根轴



"部分椭圆"绘制完成后，用鼠标拖动部分椭圆的星位，可调整椭圆的长轴和短轴半径，如图 2-37 左图所示；用鼠标拖动椭圆弧线可调整椭圆弧的形状和弧长，如图 2-37 中图所示；用鼠标拖动椭圆中心可平移椭圆弧，如图 2-37 右图所示。

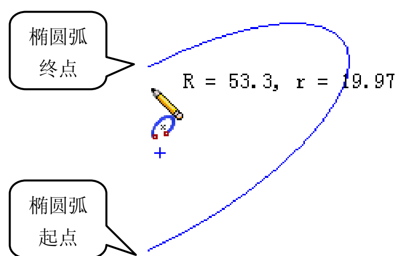


图 2-36　确定部分椭圆的起点位置和终点位置

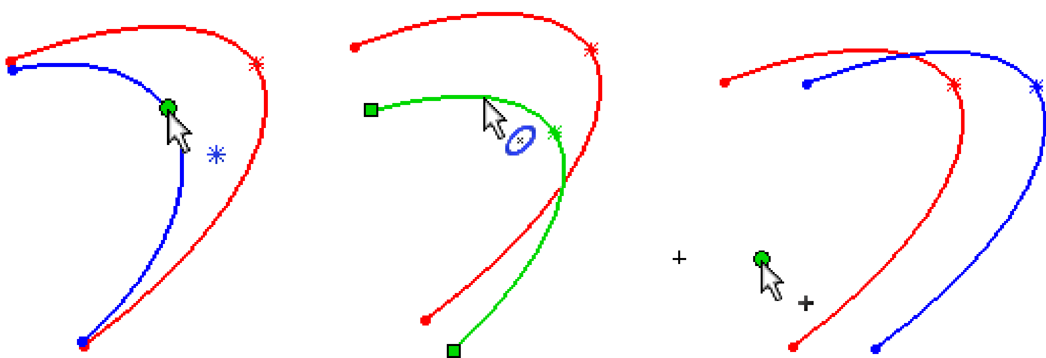


图 2-37　修改"部分椭圆"的方法

2.2.9 抛物线

抛物线是在平面内到一个定点和一条定直线距离相等的点的轨迹，它是圆锥曲线的一种，在 SolidWorks 中可通过如下操作绘制抛物线。

STEP 1 进入草绘环境后，单击"草图"工具栏中的"抛物线"按钮（或选择"工具">"草图绘制实体">"部分椭圆"菜单），此时指针形状变为。

STEP 2 在绘图区的适当位置单击确定抛物线的焦点位置。

STEP 3 移动鼠标指针拖出一条虚抛物线，再次单击确定抛物线的大小（焦距长度）和旋转角度，如图 2-38 所示。

STEP 4 移动鼠标在合适位置单击确定抛物线的起点位置，再移动鼠标并单击确定抛物

线的终止点位置，如图 2-39 所示，抛物线绘制完成。

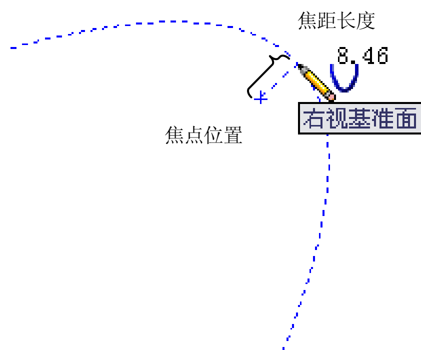


图 2-38　确定抛物线焦点位置和焦距长度

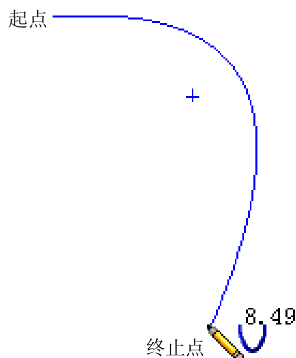


图 2-39　确定抛物线起点和终止点



抛物线绘制完成后，若要展开抛物线，可将顶点拖离焦点，如图 2-40 左图所示；若要使抛物线更尖锐，可将顶点拖向焦点，如图 2-40 中图所示；若要改变抛物线一个边长（或角度）而不修改抛物线的曲率，可选择一个顶点并拖动，如图 2-40 右图所示。

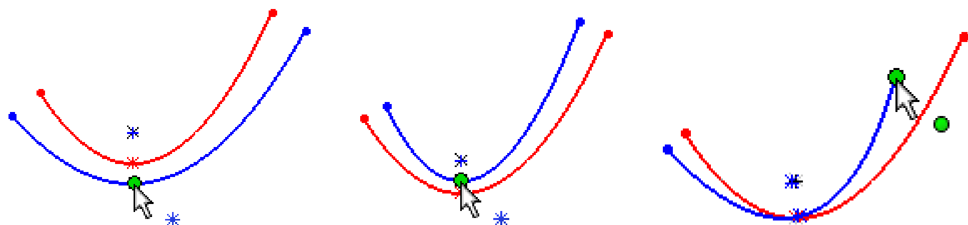


图 2-40　修改抛物线的方法

2.2.10 槽口线

槽口指两边高起中间陷入的条缝，作为榫卯结构的榫眼，俗称通槽。槽口线用于定义槽口的范围，如图 2-41 所示。

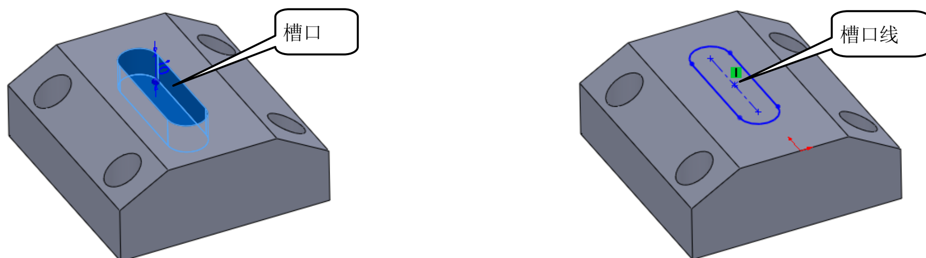


图 2-41　槽口和槽口线

可通过如下操作来绘制“直槽口”。

STEP 1 进入草绘环境后，单击“草图”工具栏的“直槽口”按钮（或选择“工具”>“草图绘制实体”>“直槽口”菜单），打开“槽口”属性管理器，如图 2-42 左图所示。

STEP 2 在绘图区的适当位置单击确定“直槽口”的起点位置。

STEP 3 移动鼠标指针拖出一条虚线，再次单击确定“直槽口”直线部分的长度，如图 2-42 中图所示。

STEP 4 移动鼠标在合适位置单击确定“直槽口”的宽度，如图 2-42 右图所示，槽口线绘制完成（使用此线进行拉伸切除即可绘制槽口）。

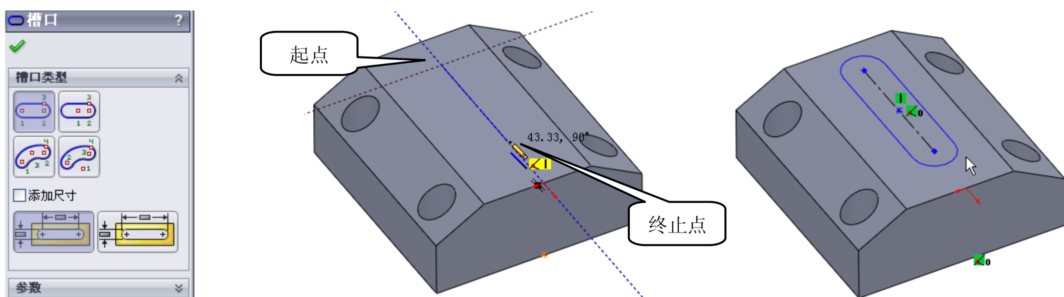


图 2-42 绘制槽口线操作

此外单击“草图”工具栏的“三点圆弧槽口”按钮或“中心点圆弧槽口”按钮，还可以绘制圆弧槽口线，如图 2-43 所示；在“槽口”属性管理器中选择“添加尺寸”复选框，可以自动为槽口线添加标注尺寸，如图 2-44 所示。

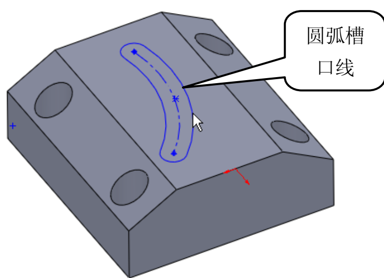


图 2-43 绘制圆弧槽口线

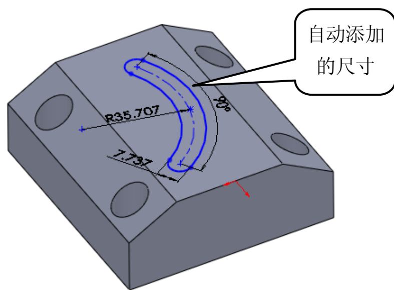


图 2-44 为槽口线自动添加尺寸

2.2.11 样条曲线

样条曲线是构造自由曲面的主要曲线，其曲线形状控制方便，可以满足大部分产品设计的要求。

绘制样条曲线非常简单，确定草绘平面后，单击“草图”工具栏中的“样条曲线”按钮（或选择“工具”>“草图绘制实体”>“样条曲线”菜单），此时指针形状变为。再在操作区中连续单击，最后双击即可创建样条曲线，如图 2-45 所示。


知识库

样条曲线绘制完成后，在每个样条控制点处，会显示样条曲线的标控图标，通过调整

> 这些图标可以调整样条曲线此点处的“相切重量”和“相切径向”方向，从而调整样条曲线此点处的曲率，如图 2-46 所示。
>
> 选择“工具”>“样条曲线工具”>“显示样条曲线控标”菜单，可显示/隐藏控标。

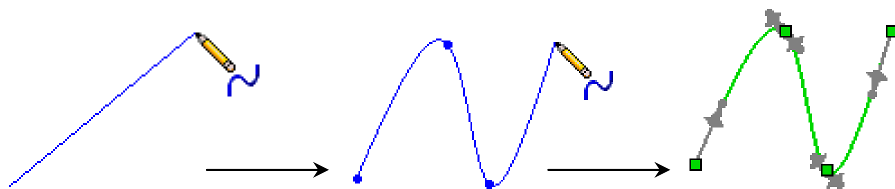


图 2-45　样条曲线的创建过程

下面解释一下样条曲线“属性”管理器中相关参数的作用（图 2-47）：

- 显示曲率：选中此复选框，将在操作区中显示样条曲线控制点处的曲率，如图 2-47 所示。
- 保持内部连续性：选中此复选框可令曲线的曲率保持连续，否则曲线曲率将呈间断性变化，如图 2-48 所示。
- 样条曲线点数：选择要设置参数的样条曲线控制点。
- X 坐标：指定样条曲线当前控制点的 X 坐标。

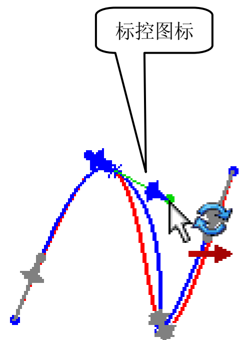
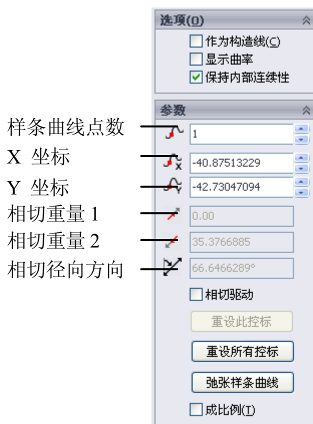


图 2-46　样条曲线标控图标的作用



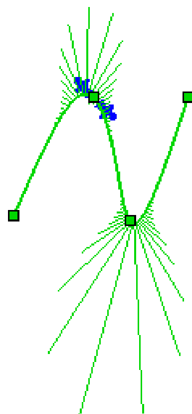
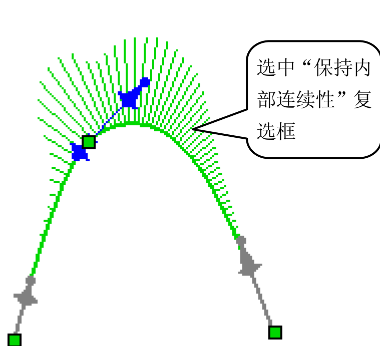


图 2-47　样条曲线“属性”管理器和曲线曲率



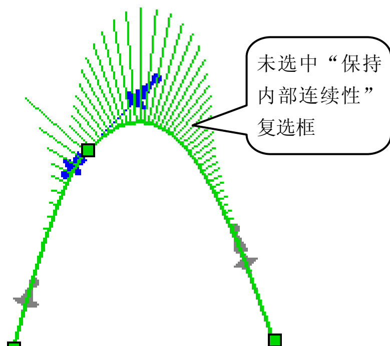


图 2-48　“保持内部连续性”的作用

- Y 坐标：指定样条曲线当前控制点的 Y 坐标。
- 相切重量 1：调整样条曲线控制点处的曲率度数以控制左相切向量的大小。
- 相切重量 2：调整样条曲线控制点处的曲率度数以控制右相切向量的大小。
- 相切径向方向：通过修改样条曲线控制点处相对于 X、Y 或 Z 轴的倾斜角度来控制相切方向。
- 相切驱动：使用相切重量和相切径向方向来激活样条曲线控制。
- 重设此控标：将所选样条曲线控制点的控标值设置为其初始状态。
- 重设所有控标：将所有样条曲线控标设置为其初始状态。
- 弛张样条曲线：当通过拖动控制点更改了样条曲线的形状时，可单击此按钮以令样条曲线重新参数化（平滑）。
- 成比例：选中此复选框，再通过控制点调整样条曲线形状时，样条曲线将只是按比例调整整个样条曲线的大小，而保持基本形状不变。

2.2.12 文字

在绘制草绘图形时，可以使用文本工具为图形添加一些文字注释信息。通过设置文字的格式，还可以制作出各种各样的文字效果。下面看一个在 SolidWorks 中添加文字的操作。

STEP 1 确定草绘平面后，首先绘制一段圆弧，如图 2-50 上图所示，单击“草图”工具栏中的绘制“文字”按钮（或选择“工具”>“草图绘制实体”>“文字”菜单），在绘图区的左侧弹出“草图文字”属性管理器，如图 2-49 所示。

STEP 2 在管理器的“文字”编辑框内输入文字“雅马哈 YZF-R6”，在绘图区中选中“圆弧”，设置文字沿圆弧放置，效果如图 2-50 下图所示。

STEP 3 在管理器的“文字”编辑框中选中文字“雅马哈 YZF-R6”，并单击旋转按钮，令文字旋转 30°，最后单击“属性”管理器中的“确定”按钮即可，创建的文字效果如图 2-51 所示。

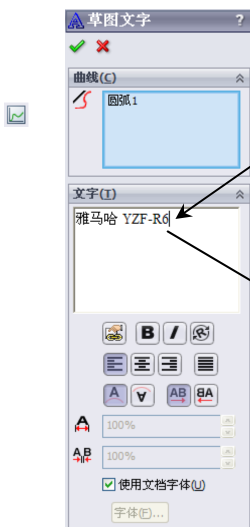


图 2-49 “草图文字”属性管理器

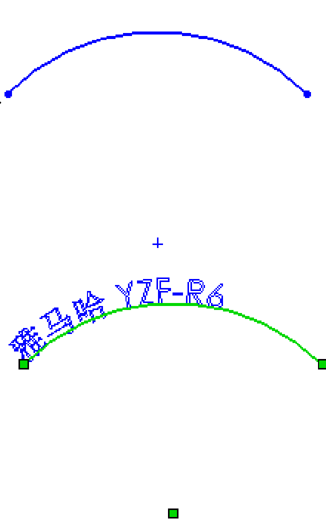


图 2-50 文字沿曲线放置

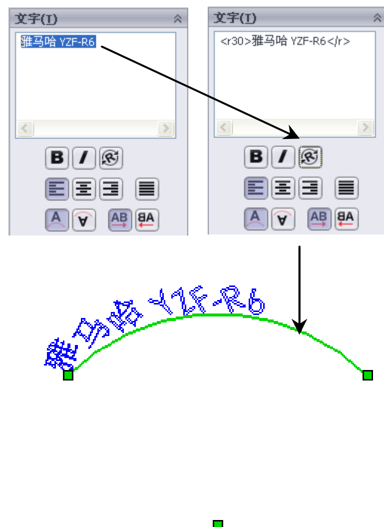


图 2-51 旋转文字





"草图文字"创建完成后，拖动草图文字附着的曲线，文字将会随曲线移动；可以双击草图文字，在打开的"草图文字"属性管理器中对文字进行更改。

下面解释一下图 2-49 所示"草图文字"属性管理器中相关选项的作用：

- 曲线收集器列表：用于设置草图文字附着的曲线、边线或其他草绘图形等。
- 文字：可输入文字，输入的文字在绘图区中沿所选实体放置。如果没有选取实体，文字出现在原点的开始位置，而且水平放置。
- 链接到属性：单击此按钮后可弹出"链接到属性"对话框，在此对话框中可将当前文件的属性等信息（或者当前日期和时间等）附加到所绘制文字的后部，以方便添加此类信息。
- 加粗、斜体或旋转：可加粗、倾斜或旋转字体，需在选中文字后单击按钮执行。单击该按钮后，将在文字周围添加编辑码（相当于网页中的 HTML 码），可更改某些编辑码的数值，来更改旋转（或倾斜等）的角度，如图 2-52 所示。

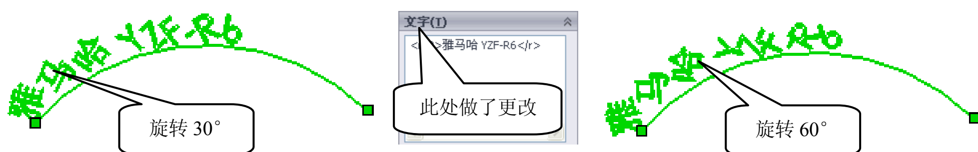


图 2-52　更改文字的旋转角度

- 左对齐、居中、右对齐或两端对齐：用于调整文字沿曲线对齐的方式。
- 竖直反转和水平反转：用于在竖直方向或水平方向上反转文字。
- 宽度因子：按指定的百分比均匀加宽每个字符，如图 2-53 左图所示。当使用文档字体时（即下面"使用文档字体"复选框被选中），宽度因子不可用。
- 间距：按指定的百分比更改每个字符之间的间距，如图 2-53 右图所示。当文字两端对齐时或当使用文档字体时，间距不可使用。
- 使用文档字体：取消此复选框，可自定义使用另一种字体。
- 字体：单击可以打开"字体"对话框，并可选择字体样式以及设置大小。



图 2-53　调整"宽度因子"和"间距"

2.2.13 点

"点"工具在草图绘制中起定位和参考的作用，其操作较简单。单击"草图"工具栏中的

创建点按钮，此时指针形状变为，然后在图形区域中单击即可放置该点。





需要注意的是，“点”不可在实体内部已经存在的定义点上创建，但是可创建到如曲线中点等类型的虚拟点上。

实例精讲——“多孔垫”草图绘制

本实例将讲解“多孔垫”草图（图 2-54）的绘制操作，以熟悉前面所学到的知识（本实例的部分内容涉及第 4 节和第 6 节的知识，此部分内容不要求掌握，如在操作时感觉难于理解，则可在学完本章后再来操作此实例）。

【制作分析】

本实例将利用前面所学的绘图工具，以及镜像和尺寸标注等工具，绘制一个如图 2-54 所示的多孔垫截面草图，由于有些知识尚未学习，所以本实例尽量不考虑使用尺寸和图形约束方面的知识。

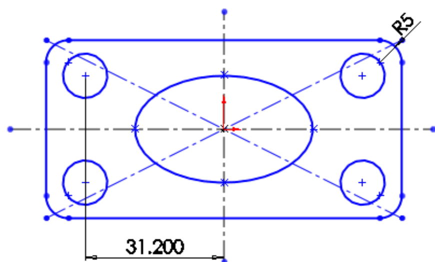
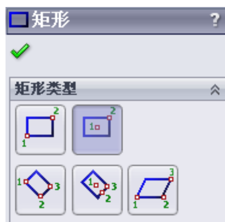


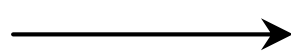
图 2-54　多孔垫截面草图

【制作步骤】

STEP 1 启动 SolidWorks，并新建一“模型”文件，然后单击“草图绘制”按钮，选择一基准面进入草图绘制模式。

STEP 2 单击“草图”工具栏中的“边角矩形”按钮，并在左侧打开的“矩形”属性管理器（图 2-55 左图）中单击“中心矩形”按钮，然后自动捕捉到草绘平面的中心点单击，再向右上角拖拽，按下鼠标左键绘制一矩形，如图 2-55 右图所示。





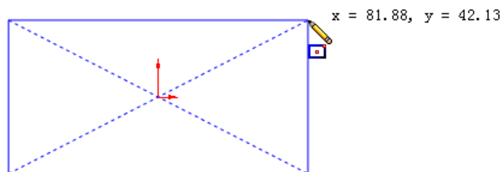
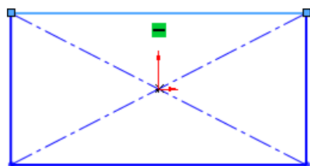


图 2-55　绘制矩形操作

STEP 3 按〈Esc〉键取消绘制矩形状态，并选中所绘制矩形的上一条边线，并在左侧“属性”管理器中设置此线的长度为 80，如图 2-56 所示。



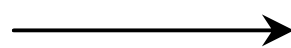




图 2-56　调整矩形长度大小操作

STEP 4 同步骤 3，再选中矩形的左侧边线，并在其“属性”管理器中设置其长度为 40，如图 2-57 所示。



图 2-57　调整矩形宽度大小操作

STEP 5 单击“草图”工具栏中的“椭圆”按钮，以草图中心点为圆心，两次拖动并单击绘制一椭圆，如图 2-58 左图所示，并在打开的“椭圆”属性管理器中设置椭圆的长半径和短半径的长度分别为 20 和 12，如图 2-58 右图所示。

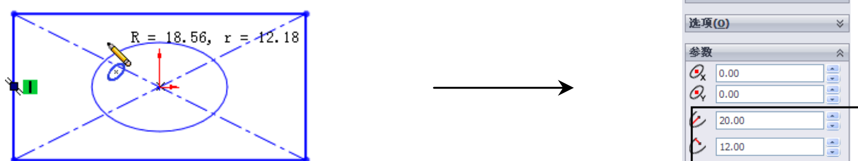


图 2-58　绘制椭圆操作

STEP 6 单击“草图”工具栏中的“圆角”按钮，在左侧打开的“绘制圆角”属性管理器中设置圆角半径为 5，然后单击矩形的 4 个端点，并单击属性管理器中的“确定”按钮对矩形进行圆角处理，如图 2-59 所示。

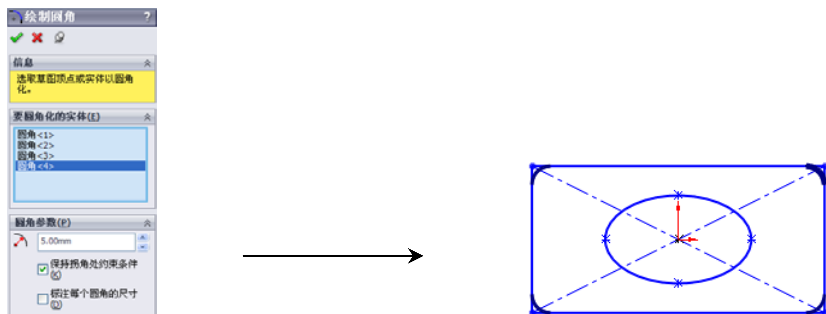


图 2-59　圆角处理操作

STEP 7 单击“草图”工具栏中的“圆”按钮，然后在如图 2-60 左图所示位置（令圆心自动捕捉到与椭圆的顶部对齐）绘制一圆，并在打开的“圆”属性管理器中设置圆的半径为 5，如图 2-60 右图所示。

STEP 8 单击“草图”工具栏中的“智能尺寸”按钮，然后单击步骤 7 中所绘制圆的圆心和草图中心点，并向下拖动，再在适当位置单击，在弹出的“修改”对话框中输入圆到中心点的水平距离为 31.2，以定位圆的位置，如图 2-61 所示。

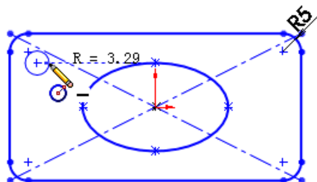
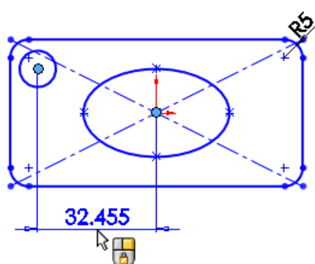




图 2-60　绘制圆操作



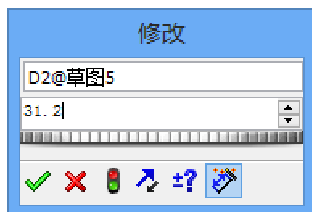


图 2-61　设置圆的位置操作

STEP 9 单击“草图”工具栏中“线”按钮右侧的下拉按钮，在打开的下拉列表中单击“中心线”按钮，首先绘制一条通过草图中心点的竖直中心线，如图 2-62 左图所示，再绘制一条通过草图中心点的水平中心线，如图 2-62 右图所示。

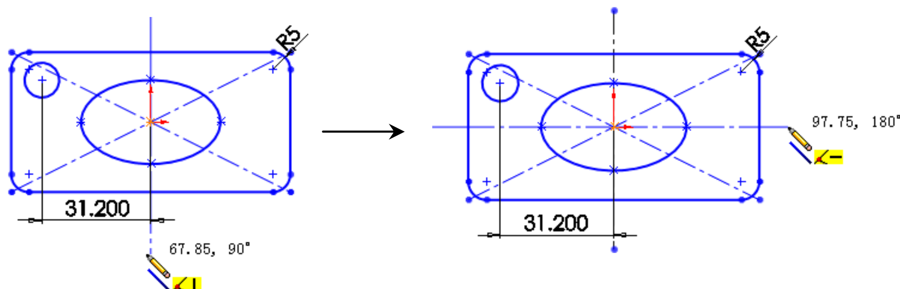
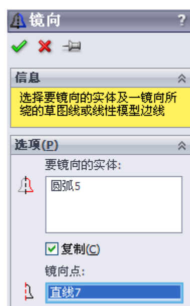


图 2-62　绘制中心线操作

STEP 10 单击“草图”工具栏中的“镜像实体”按钮，打开“镜像”属性管理器，先将焦点定位到（即单击）“要镜像的实体”列表框，再在绘图区中选中小圆作为要镜像的实体，然后在“镜像”属性管理器中将焦点定位到“镜像点”列表框，再在绘图区中选中竖直中心线作为镜像参照，单击“确定”按钮，对小圆执行镜像复制操作，如图 2-63 所示。

STEP 11 同步骤 10 中的操作，单击草绘工具栏中的“镜像实体”按钮，打开“镜像”属性管理器，然后选中两个小圆作为被镜像的实体，选中水平中心线作为镜像中心线，镜像出另外两个小圆，完成草图的绘制，如图 2-64 所示。





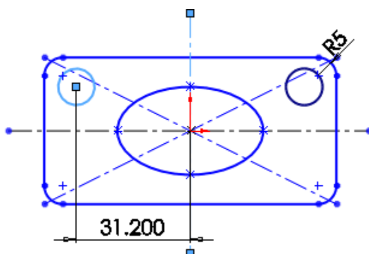
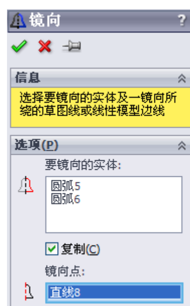


图 2-63　镜像复制圆操作 1





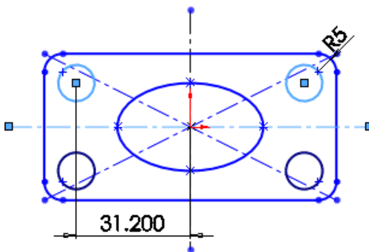


图 2-64　镜像复制圆操作 2

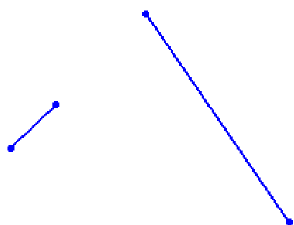
2.3　草图绘制工具

草图绘制工具就是对已绘制好的草图图线进行编辑修改，生成新的草图图线的操作。它包括圆角、倒角、等距实体和剪裁/延伸草图等操作，下面分别进行介绍。

2.3.1 绘制圆角

利用“绘制圆角”工具可以将草图中两相交图线进行圆角处理，其基本操作为：

STEP 1 首先绘制两条不平行的直线，如图 2-65 左图所示，单击“草图”工具栏中的绘制“圆角”按钮（或选择“工具”>“草图绘制工具”>“圆角”菜单），打开“绘制圆角”属性管理器。



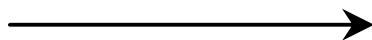




图 2-65　两条相交线段和“绘制圆角”属性管理器

STEP 2 如图 2-65 右图所示，在打开的“绘制圆角”属性管理器中，设置圆角半径为 10，并选中“保持拐角处约束条件”复选框。

STEP 3 用鼠标左键选取圆角过渡的两条线段，如图 2-66 左图所示，系统将生成如图 2-66 右图所示的圆角。

STEP 4 单击“草图”工具栏中的“圆角”按钮，按钮颜色变为灰色，可退出绘制圆角命令。

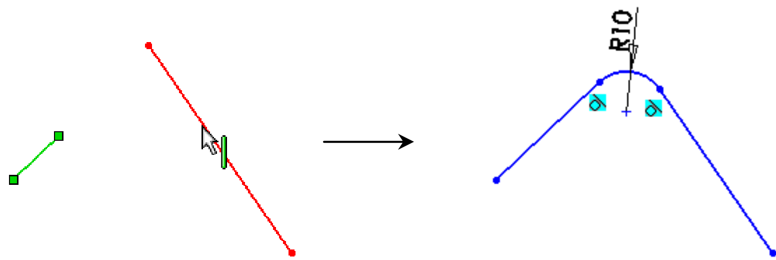


图 2-66　圆角创建完成



知识库

> 创建圆角时，所选取的两个图元，可以相交，也可以不相交。圆角在其端点处与所选图元都是相切关系。
>
> 另外在创建圆角时，如两曲线相交，直接单击该交点，即可生成圆角，如图 2-67 所示。

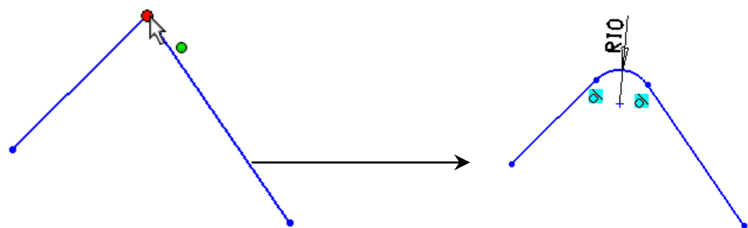


图 2-67　直接单击交点绘制圆角

下面解释一下“绘制圆角”属性管理器中各按钮的作用：

- 保持可见：默认为形状时，可连续绘制多个圆角；当单击此按钮将其转变为形状时，执行绘制圆角命令后，系统将自动退出该命令。
- 保持拐角处约束条件：选中此复选按钮，如果顶点具有尺寸或几何约束，将保留虚拟交点；如果取消此复选框的选择状态，如顶点具有尺寸或几何约束，则生成圆角后将删除这些几何关系，如图 2-68 所示。
- 撤销：撤销上一个圆角。当某些圆角为通过一个圆角命令创建时，可通过此按钮顺序撤销一系列圆角。

2.3.2 绘制倒角

绘制倒角与绘制圆角类似，单击“草图”工具栏中的“倒角”按钮（或选择“工具”>

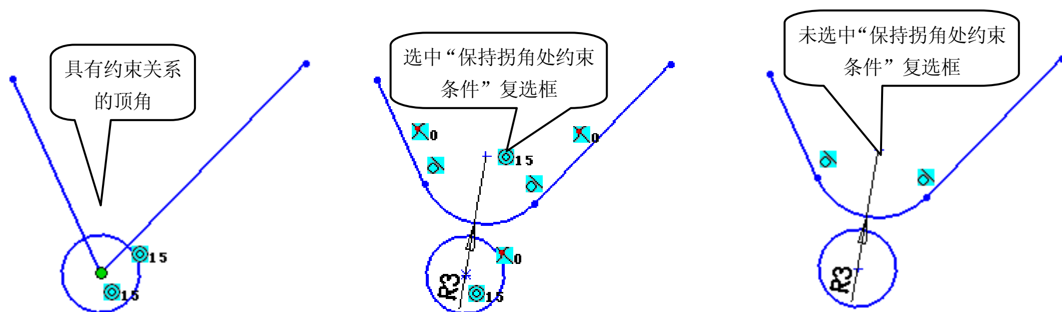


图 2-68 “保持拐角处约束条件”复选框的作用

“草图绘制工具”>“倒角”菜单），弹出“绘制倒角”属性管理器，然后设置倒角距离，再选取倒角的两条线段即可，如图 2-69 所示。

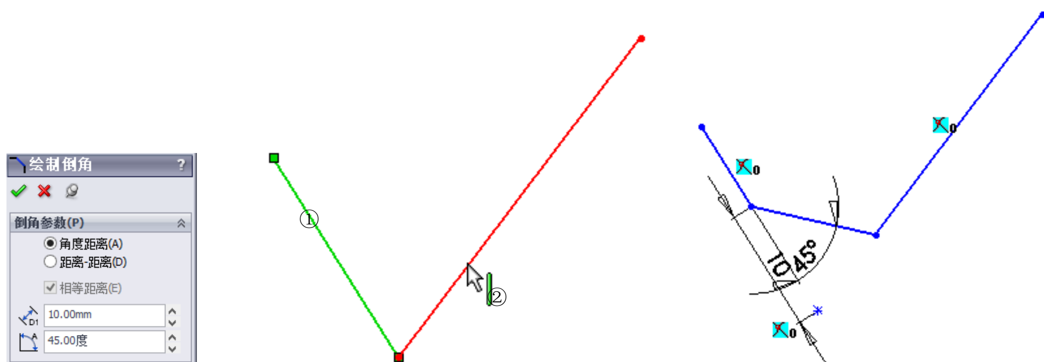


图 2-69 倒角的创建过程



也可通过直接单击曲线交点来创建倒角。

下面解释一下“绘制倒角”属性管理器中各选项的作用：

- 角度距离：以角度和距离的形式来创建倒角。如图 2-69 所示即是使用此方法来创建倒角，其中“角度”是选择的第一条边与倒角的夹角；“距离”是所选择的第一条边与倒角的交点距离原来两曲线交点的距离。
- 距离-距离：选中此单选按钮，将以距离-距离的形式创建倒角。在此模式下可分别设置所选第一和第二条曲线上的倒角距离，如图 2-70 所示。
- 相等距离：选中此复选框可以创建等距离倒角，如图 2-71 所示。
- 距离 1和方向 1：用于在不同模式下设置距离和方向。

2.3.3 等距实体

利用“等距实体”工具可以按设置的方向，间隔一定的距离复制出对象的副本，具体如下。

单击“草图”工具栏中的“等距实体”按钮（或选择“工具”>“草图绘制工具”>“等

距实体”菜单），弹出“等距实体”属性管理器，设置等距距离等相关参数，再选中要进行等距处理的实体，单击“确定”按钮，即可创建等距实体，如图 2-72 所示。

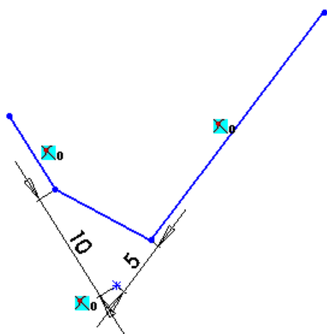


图 2-70 距离-距离方式创建倒角

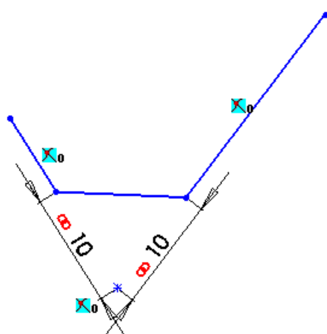


图 2-71 创建等距离倒角



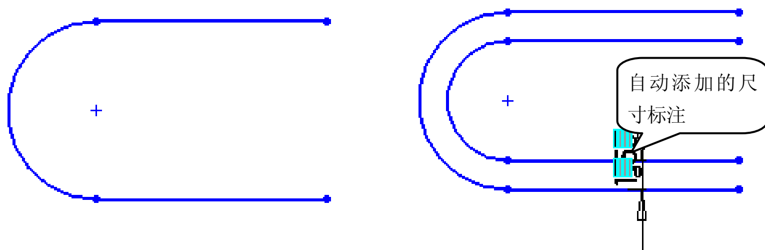


图 2-72 等距实体的创建过程

下面介绍一下“等距实体”对话框中各参数的作用：

➢ 等距距离：设置原实体与等距实体之间的距离。
➢ 添加尺寸：自动添加原实体和等距实体之间的尺寸标注，如图 2-72 右图所示。
➢ 反向：设置在相反方向生成等距实体，如图 2-73 左图所示。
➢ 选择链：设置生成与选中实体链接的所有连续草图实体的等距实体，如不选中此复选框，将只生成选中实体的等距实体，如图 2-73 中图所示。
➢ 双向：在内外两个方向上生成等距实体，如图 2-73 右图所示。
➢ 制作机体结构：在生成草图实体后，将原草图实体转换为构造线，如图 2-74 左图所示。

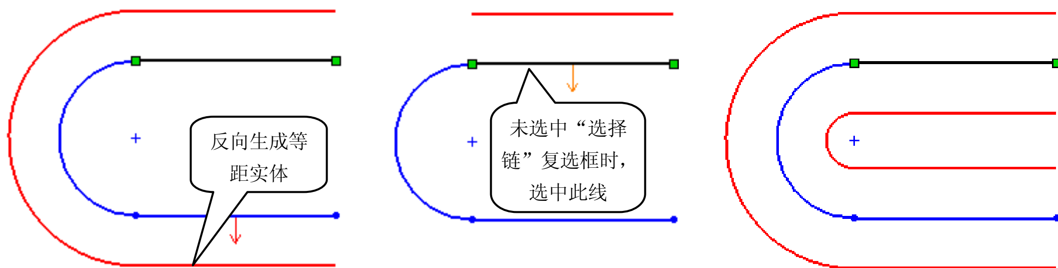


图 2-73 “反向”“选择链”和“双向”复选框的作用



➢ 顶端加盖：选中“双向”复选框后，此项可用，用于添加一顶盖来延伸原有非相交草图实体。可选择生成圆弧或直线类型的延伸顶盖，如图 2-74 中图和右图所示。

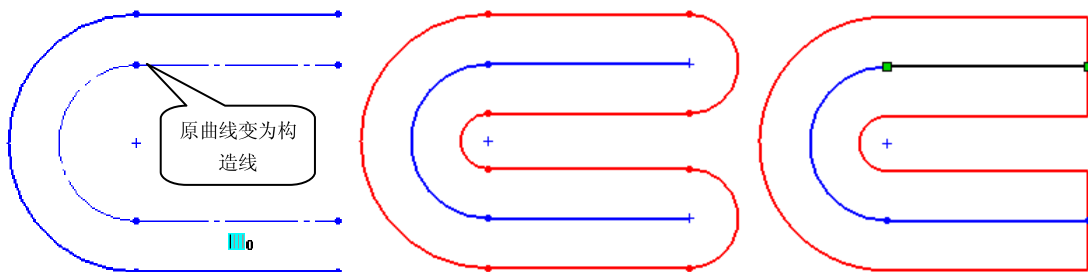


图 2-74 “制作机体结构”和“顶端加盖”复选框的作用

2.3.4 转换实体引用

使用“转换实体引用”工具可将现有草图或实体模型某一表面的边线投影到草绘平面上，其投影方向垂直于绘图平面，在绘图平面上生成新的草图实体，具体操作如下。

进入某个基准面的草绘模式后，如图 2-75 左图所示，首先选中要进行转换实体引用的面（或线），如图 2-75 中图所示，再单击“草图”工具栏中的“转换实体引用”按钮（或选择“工具”>“草图绘制工具”>“转换实体引用”菜单），即可在基准面上生成所选面的投影草图边线，如图 2-75 右图所示。

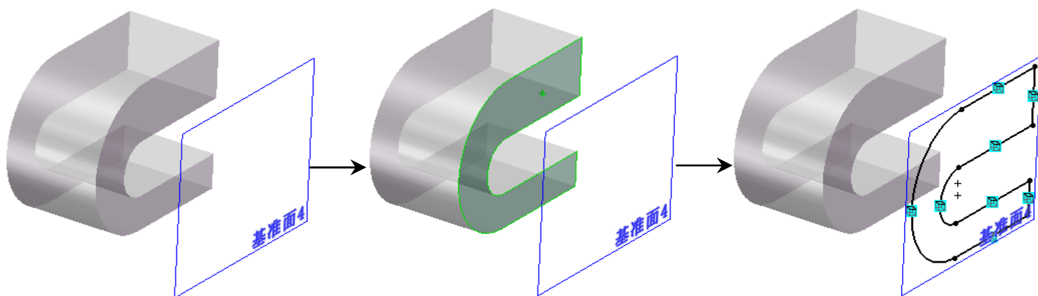


图 2-75 转换实体引用的操作界面



提示

利用转换实体引用生成的草图与原实体间存在着链接关系，若原实体改变，转换实体引用后的草图也将随之改变。

2.3.5 剪裁实体

使用“修剪曲线”工具，可以将直线、圆弧或自由曲线的端点进行修剪或延伸，如图 2-76 左图所示。

单击“草图”工具栏中的“裁剪实体”按钮（或选择“工具”>“草图绘制工具”>“裁

剪实体”菜单），将打开“裁剪实体”属性管理器，如图 2-76 右图所示。由图中可以看出，系统共提供了 5 种裁剪实体的方式——强劲剪裁、边角、在内剪裁、在外剪裁和剪裁到最近端。下面分开讲述这 5 种裁剪实体的操作。

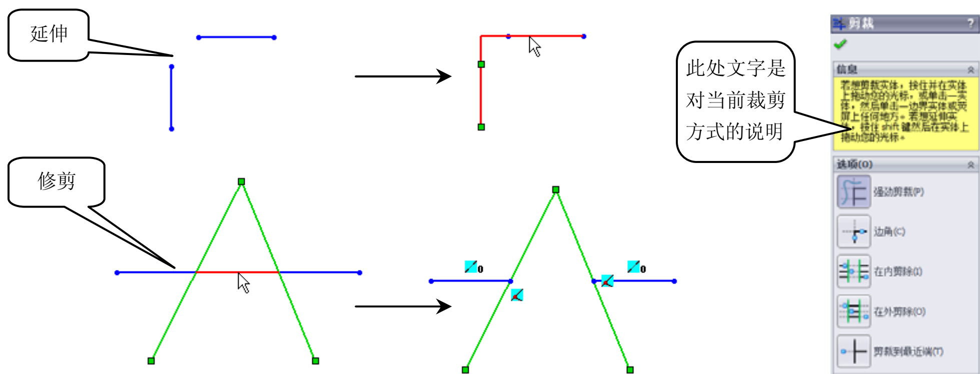


图 2-76　转换实体引用的操作界面

1．强劲剪裁

使用“强劲剪裁”可以通过将指针拖过每个草图实体来剪裁多个相邻草图实体，还可以令草图实体沿其自然路径延伸，如图 2-77 所示。

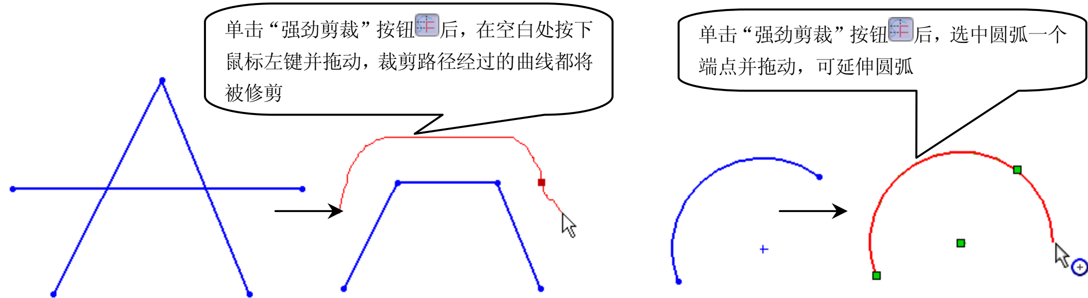


图 2-77　强劲修剪的两种方式



圆弧在圆弧的两边具有最大的延伸长度（通常为补圆弧的一半长度），一旦达到最大延伸长度，延伸将转到另一侧。

2．边角

“边角”裁剪用于延伸或剪裁两个草图实体，直到它们在虚拟边角处相交，如图 2-78 所示。

3．在内剪裁

“在内剪裁”用于裁剪位于两个边界实体内的草图实体部分，如图 2-79 左图所示。执行操作时，需要首先选中两条边界曲线，然后选择裁剪对象，裁剪对象位于边界内的部分将被删除。

4．在外剪裁

“在外剪裁”用于剪裁位于两个边界实体外的草图实体部分，如图 2-79 右图所示。执行



操作时，需要首先选中两条边界曲线，然后选择裁剪对象，裁剪对象位于边界外的部分将被删除。

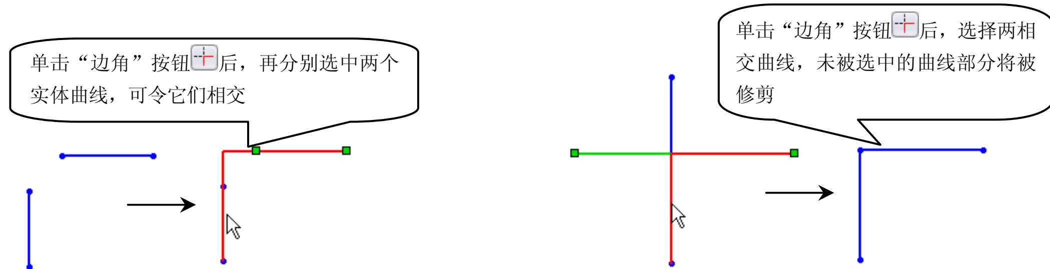


图 2-78 “边角”裁剪的两种方式

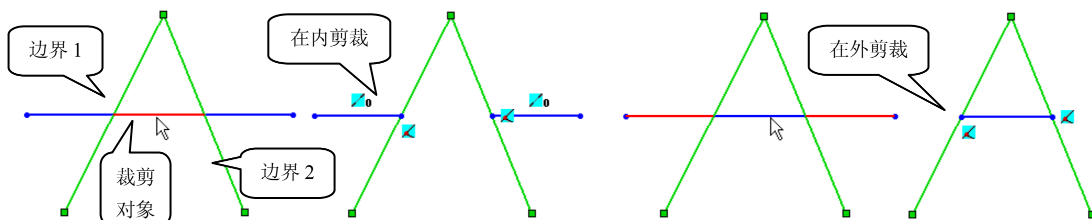


图 2-79 “在内剪裁”和“在外剪裁”的操作方式



在执行“在内剪裁”或“在外剪裁”时，需要注意，被裁剪的对象并不是一定要与边界相交，而只要它们位于两个对象的内部（或外部）即可，如图 2-80 所示。但此时被裁剪的对象不可是闭合的实体。

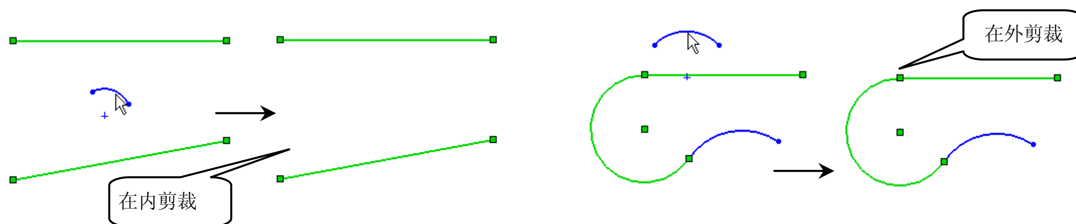


图 2-80 在内剪裁和在外剪裁的另外两种形式

5．剪裁到最近端

“剪裁到最近端”可以自动判断裁剪边界，单击的对象即是要裁剪的对象，无需做其他任何选择，如图 2-81 所示。

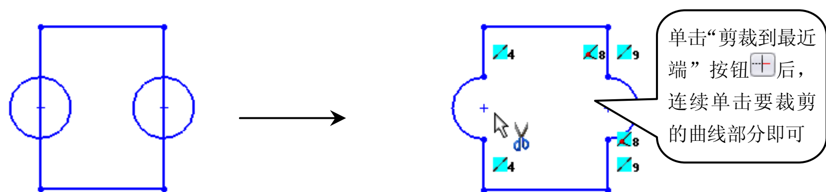


图 2-81 “剪裁到最近端”方式的操作

2.3.6 延伸实体

使用“延伸实体”工具，可在保证图线原有趋势不变的情况下向外延伸，直到与另一图线相交。单击“草图”工具栏中的“延伸实体”按钮（或选择“工具”>“草图绘制工具”>“延伸实体”菜单），然后单击要延伸的实体，即可将实体延伸，如图 2-82 所示。



图 2-82 “延伸实体”操作



若图线的延伸方向上没有其他草图图线作为延伸终止条件，软件将尝试沿另一方向延伸，若还没有找到合适的延伸终止条件，系统将放弃执行延伸操作。

2.3.7 分割实体

使用“分割实体”工具，可将草图图线在某一位置上一分为二。单击“草图”工具栏中的“分割实体”按钮（或选择“工具”>“草图绘制工具”>“分割实体”菜单），然后在绘图区单击需分割的图线位置即可在此位置分割曲线，如图 2-83 所示。

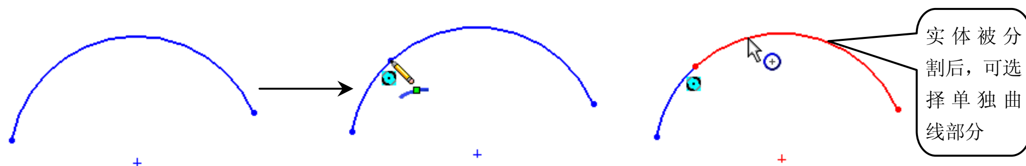


图 2-83 分割实体操作



如果要将两个被分割的草图实体合并成一个实体，则在打开草图后，单击选中分割点，并按下〈Delete〉键将其删除即可。

2.3.8 构造几何线

“构造几何线”是一种线型转换工具，用来协助生成草图实体。它既可以将草图的各种实线转换为构造几何线，也可将构造几何线转换为实体图线。

如图 2-84 所示，首先选取图中实线，再单击“草图”工具栏中的“构造几何线”按钮（此按钮需要通过自定义操作调出），即可将实线转变为构造线。执行同样操作可将构造线转变为实线。



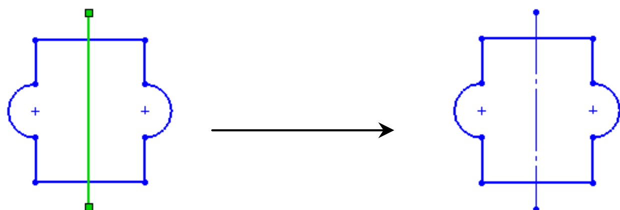


图 2-84 “构造几何线”操作

2.3.9 镜像实体

“镜像实体”操作是以某条直线（中心线）作为参考，复制出对称图形的操作，常用来创建具有对称部分的复杂图形。

如图 2-85 所示，在草绘环境下，选中要被执行镜像操作的图形，单击“草图”工具栏中的“镜像实体”按钮（或选择“工具”>“草图绘制工具”>“镜像实体”菜单），再在弹出的“镜像”属性管理器中单击“镜像点”下的横条，并选中作为镜像参考的直线或中心线，将复制出关于中心线对称的图形。

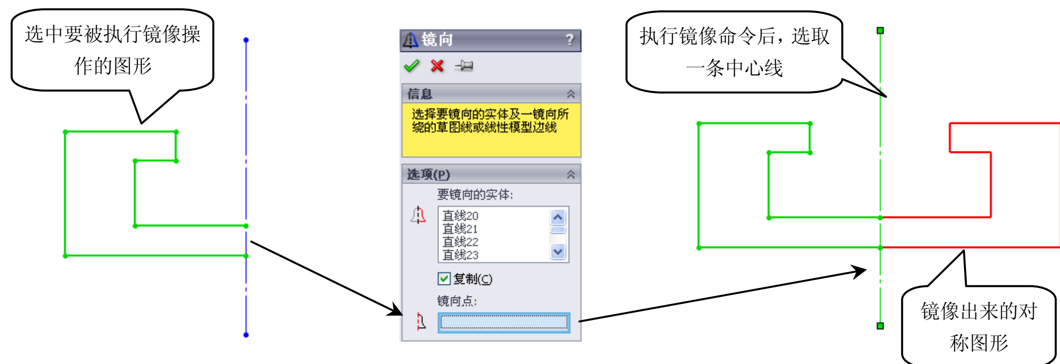


图 2-85 “镜像”实体操作



提示

除了“镜像实体”工具外，SolidWorks 还提供了“动态镜像”实体工具，使用此工具可在绘制实体时，同时进行镜像操作，如图 2-86 所示。

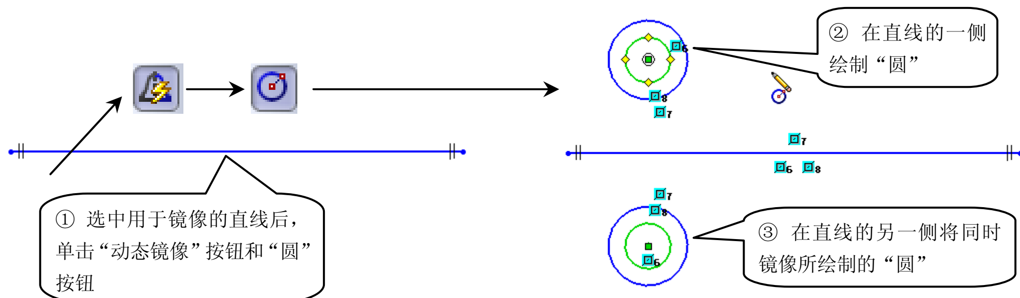


图 2-86 使用“动态镜像”进行“镜像”实体操作

2.3.10 阵列实体

“阵列实体”包括“线性草图阵列”和“圆周草图阵列”，下边分别介绍。

1．线性草图阵列

所谓“线性草图阵列”就是在横向和竖向两个方向上来阵列图形，下面看一个“线性草图阵列”的操作。

首先绘制一个五角星并将其选中，如图 2-87 右上图所示，然后单击“草图”工具栏中的“线性草图阵列”按钮（或选择“工具”>“草图绘制工具”>“线性草图阵列”菜单），弹出“线性阵列”属性管理器，在“方向 1”选项卡和“方向 2”选项卡中设置相应的“间距”和阵列个数，最后单击“确定”按钮，即可生成阵列草图，如图 2-87 所示。

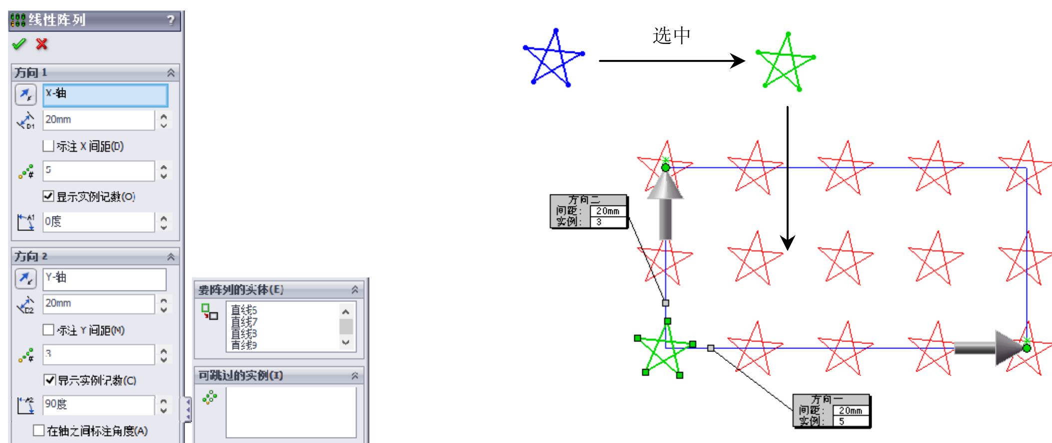


图 2-87 “线性草图阵列”操作

下面解释一下“线性阵列”属性管理器中各选项的作用：

➢ “方向 1”卷展栏：用于设置阵列在此方向上的参数。例如可设置阵列的参考轴，各阵列对象间的距离、个数和阵列方向与参考轴间的角度等（图 2-88）。

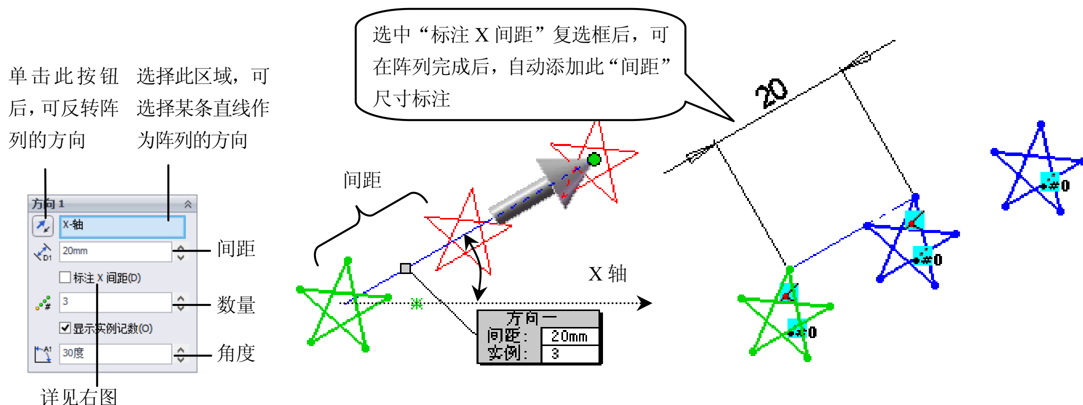


图 2-88 “方向 1”卷展栏的作用

➢ “方向 2”卷展栏：用于设置阵列在另一个方向上的参数，其意义同“方向 1”。选中

“在轴之间标注角度”复选框，可在完成阵列后，自动标注两个阵列方向间的角度，如图 2-89 所示。

➢ “要阵列的实体”卷展栏：选中此卷展栏中的列表区域后，可在绘图区中选择要进行阵列操作的实体。
➢ “可跳过的实例”卷展栏：选中此卷展栏中的列表区域后，可在阵列中单击希望不在阵列中出现的实例，如图 2-90 所示。

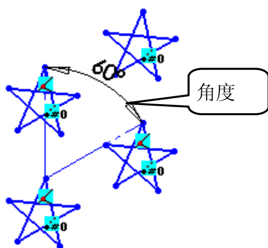


图 2-89　标注阵列方向间的角度

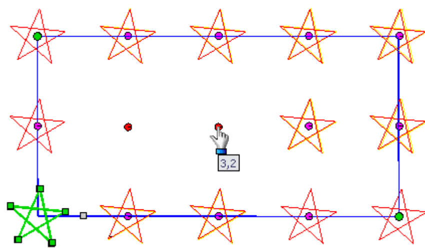


图 2-90　选择希望不在阵列中出现的对象

2．圆周草图阵列

“圆周草图阵列”用于将草图中的图形以圆周的形式阵列，下面看一个“圆周草图阵列”的操作实例。

如图 2-91 所示，首先选中要进行阵列的图形，单击“草图”工具栏中的“圆周草图阵列”按钮（或选择“工具”>“草图绘制工具”>“圆周草图阵列”菜单），弹出“圆周阵列”属性管理器，设置阵列的数量和角度，最后单击“确定”按钮即可。

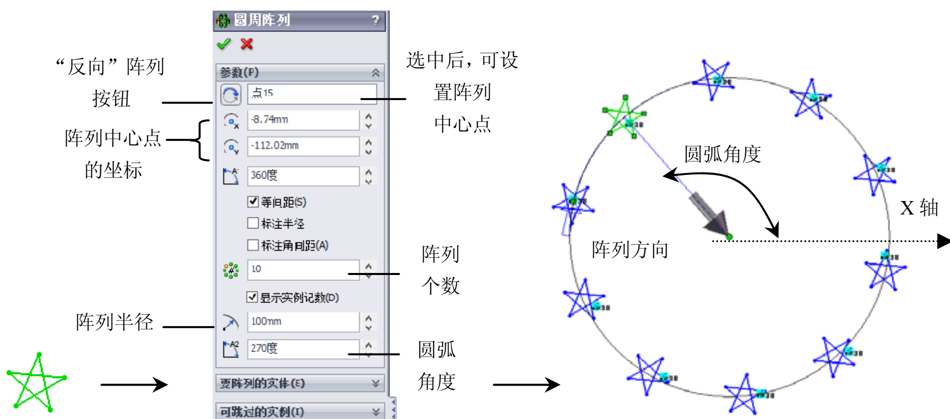


图 2-91　“圆周草图阵列”操作

选中“等间距”复选框后，将在“阵列间距”（要进行阵列操作的总弧度）内平均分配阵列对象，如取消其选中状态，“阵列间距”为两个阵列对象间的弧度值。

2.3.11 移动实体

在草图中选择要移动的实体，单击“草图”工具栏中的“移动实体”按钮（或选择“工具”>“草图绘制工具”>“移动”菜单），单击一点作为移动实体的定位点，移动鼠标到目标

点后单击，如图 2-92 所示，最后单击“确定”按钮✓即可移动实体。



图 2-92 “移动实体”操作

在“移动实体”时，在其“属性”管理器的“参数”卷展栏中，如图 2-93 所示，选择“从/到”单选按钮表示选择两个定位点来移动实体；选择“X/Y”单选按钮，表示以设置的 X 轴和 Y 轴上的移动量来移动实体；单击“重复”按钮，表示按相同距离（X 轴和 Y 轴上的移动量）来重复移动实体。



图 2-93 “参数”卷展栏

2.3.12 旋转实体

选择草图中需要旋转的实体，单击“草图”工具栏中的“旋转实体”按钮（或选择“工具”>“草图绘制工具”>“旋转”菜单），单击一点作为旋转中心，选择后将见到一坐标系，按下鼠标并拖动即可旋转实体，如图 2-94 所示，最后单击“确定”按钮✓即可。

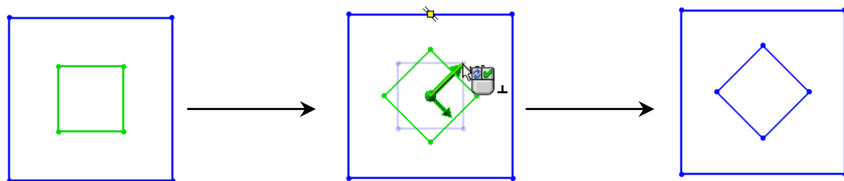


图 2-94 “旋转实体”操作



提示

在旋转实体的操作过程中，也可通过在左侧“属性”管理器的“角度”文本框中输入旋转的角度值来精确旋转的角度。

2.3.13 缩放实体

选择草图中需要缩放的实体，单击“草图”工具栏中的“缩放实体比例”按钮（或选择“工具”>“草图绘制工具”>“缩放比例”菜单），弹出“比例”属性管理器，单击圆心设置比例缩放的相对点，再在“比例因子”文本框中设置缩放的比例，最后单击“确定”按钮✓即可缩放实体，如图 2-95 所示。



提示

选中“比例”属性管理器中的“复制”复选框，可在“缩放”实体时保留原实体，即实现复制实体的操作。

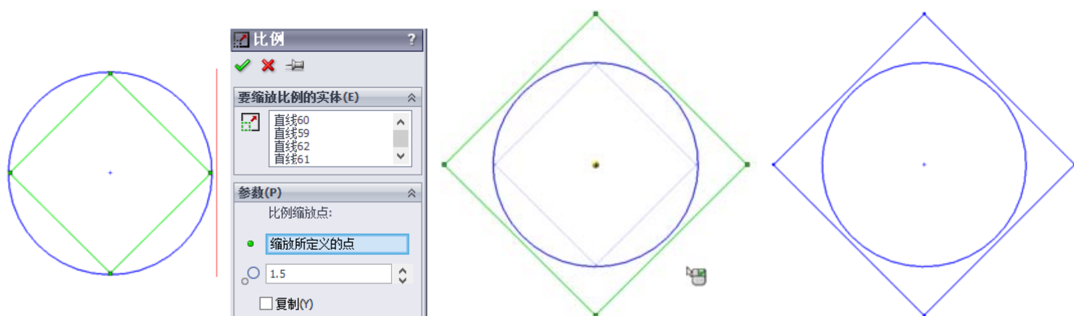


图 2-95 “缩放实体”操作

2.3.14 伸展实体

利用“伸展实体”工具可以将多个草图实体作为一个组进行伸展，而不必逐个修改实体的长度，其基本操作为：

STEP 1 首先绘制如图 2-96 所示的左右对称的草绘图形，欲保持图形的对称状态将图形拉长，此时如果直接拖动右侧的边线将令图形变得不对称，所以需要使用“伸展实体”工具进行操作。

STEP 2 单击“草图”工具栏中的绘制“伸展实体”按钮 （或选择“工具”>“草图工具”>“伸展实体”菜单），弹出“伸展”属性管理器，如图 2-96 中图所示，然后用鼠标自下而上框选要编辑的草绘实体，如图 2-96 右图所示。

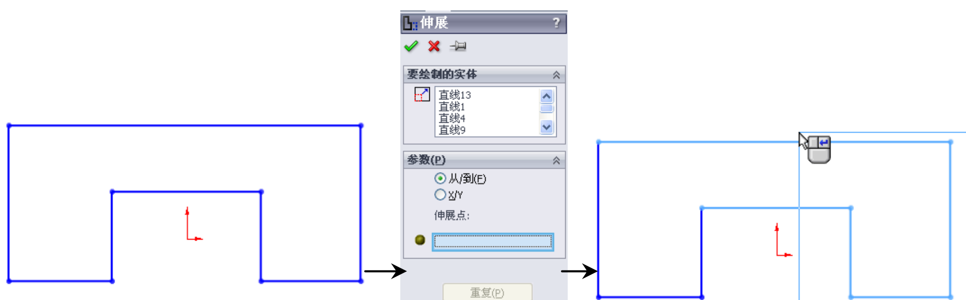


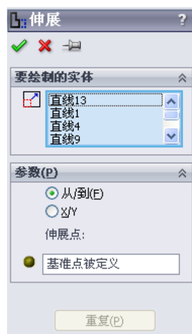
图 2-96 “伸展”属性管理器和框选草绘实体操作

STEP 3 在“伸展”属性管理器中选中“基准点”选择文本框，如图 2-97 左图所示，然后在操作区中单击一角点并向右拖放，在合适的位置单击即可完成伸展实体操作，如图 2-97 右图所示。

2.3.15 检查草图合法性

检查草图合法性可以及时准确地判断草图到指定特征操作的可行性。

例如，在某一草图绘制完成后，如图 2-98 所示，选择“工具”>“草图工具”>“检查草图合法性”菜单，弹出“检查有关特征草图合法性”对话框，在对话框中设置“特征用法”选项为“凸台拉伸”，单击对话框中的“检查”按钮，弹出新对话框显示草图有自相交部分，同时草图中自相交的部分会以绿色显示。



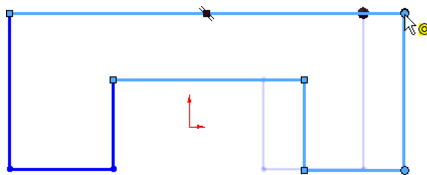
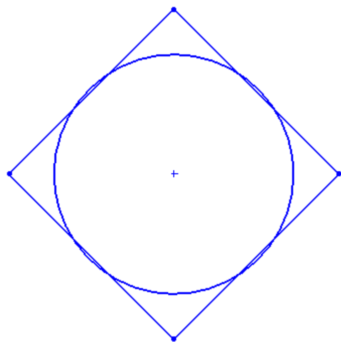
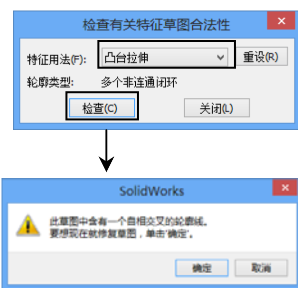


图 2-97 “伸展”对话框和草图延伸操作





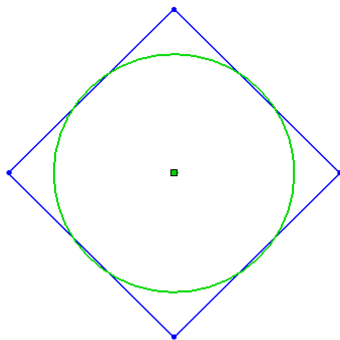


图 2-98 “检查草图合法性”操作

草图中有自相交的部分，表明此草绘图形不符合“凸台拉伸”操作（关于“凸台拉伸”操作，将在第 3 章中讲述），因此需要重新绘制草绘图形。

如草图合法，在弹出的对话框中，将出现“没有找到问题”之类的字符，此时表明可以使用此草绘图形进行相应的特征操作。

实例精讲——“扳手”草图绘制

本实例讲述扳手（图 2-99）的绘制操作，以复习前面所学习过的草图绘制实体和草图绘制工具的使用方法。

【制作分析】

本实例主要用到“圆”“直线”和“多边形”等草绘实体，用到“修剪实体”“圆角”等草绘工具，而且会大量用到将在下一节中讲到的“标注尺寸”等方法（此部分内容不要求全部掌握），此草图的设计思路是 SolidWorks 中正确的绘图思路（而上一实例则不是）。

【制作步骤】

STEP 1 启动 SolidWorks，并新建一“模型”文件，然后单击“草图绘制”按钮，选择一基准面进入草图绘制模式。

STEP 2 单击“草图”工具栏“直线”下拉按钮中的“中心线”按钮，绘制经过草图

原点、垂直交叉的中心线，如图 2-100 所示。

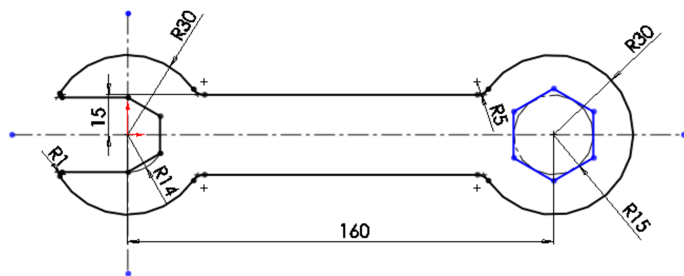


图 2-99　扳手草图截面



图 2-100　绘制中心线

STEP 3 按〈Esc〉键取消中心线绘制状态，并单击“草图”工具栏中的“圆”按钮，以草图原点为圆心，绘制一半径大约 30 左右的圆（尺寸无需太精确），如图 2-101 所示。

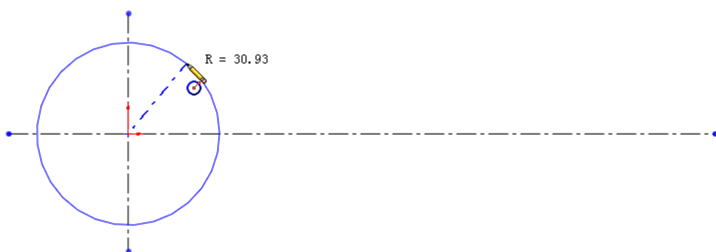


图 2-101　绘制圆

STEP 4 单击“草图”工具栏中的“智能尺寸”按钮，单击刚绘制的圆，并向右拖动，在空白处单击，弹出“修改”对话框，在此对话框中输入圆的直径为 60，并单击此对话框的“确定”按钮，以设置圆的尺寸，如图 2-102 所示。

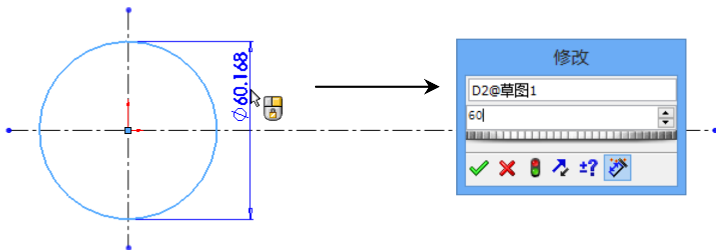


图 2-102　定义圆的尺寸

STEP 5 在左侧“尺寸”属性管理器中，切换到“引线”标签栏，如图 2-103 左图所示，

单击“半径”按钮，设置以半径形式标注圆的大小，如图 2-103 右图所示。

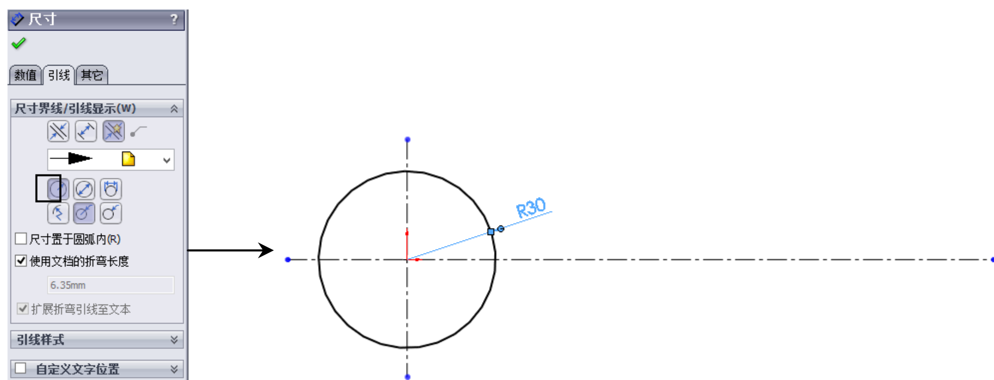


图 2-103　修改尺寸样式

STEP 6 单击“草图”工具栏“移动实体”下拉按钮中的“复制实体”按钮，打开“复制”属性管理器，如图 2-104 左图所示，选中刚绘制的圆作为要复制的实体，在参数卷展栏中设置复制的距离为沿 X 轴向右偏移 160，效果如图 2-104 右图所示。

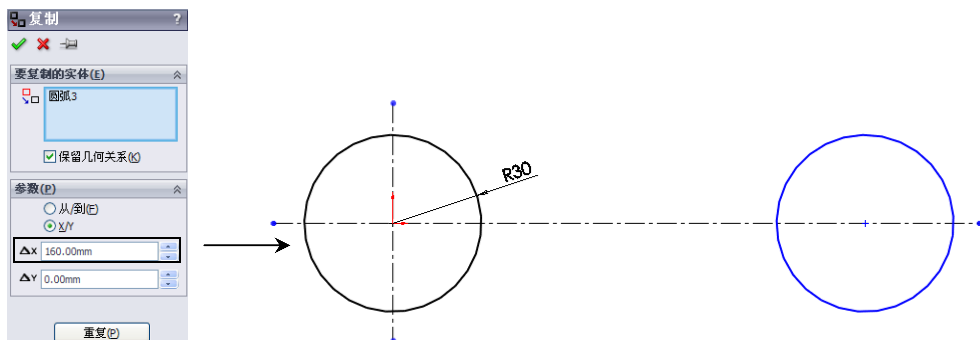


图 2-104　复制圆的操作

STEP 7 单击“草图”工具栏“显示/删除几何关系”下拉按钮中的“添加几何关系”按钮，分别选中右侧圆的圆心和水平中心线，再在“添加几何关系”属性管理器的“添加几何关系”卷展栏中单击“重合”按钮，定义圆心与直线重合，如图 2-105 所示。

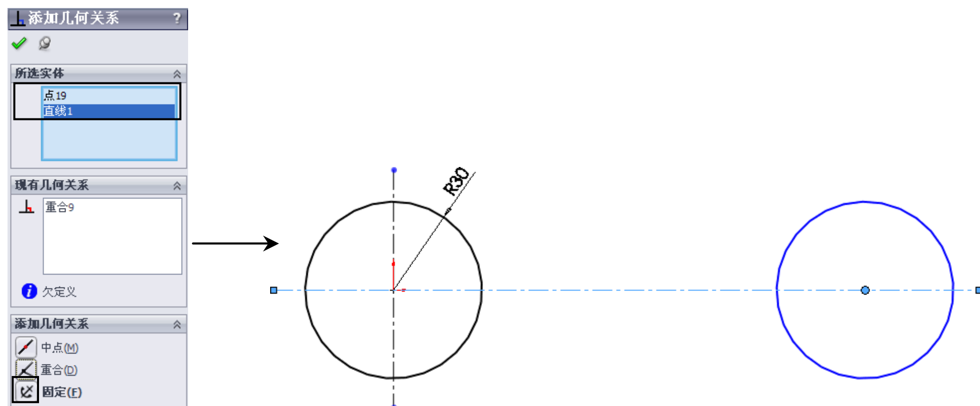


图 2-105　定义复制圆的几何关系（一）

STEP 8 再顺次选择左侧圆和右侧圆，并单击“添加几何关系”属性管理器“添加几何关系”卷展栏中的“相等”按钮，令两个圆的直径相等，如图 2-106 所示。

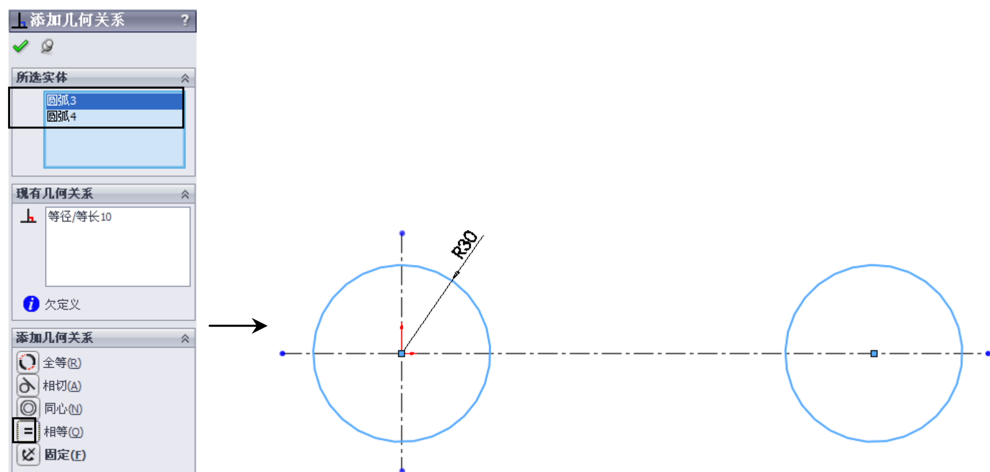


图 2-106　定义复制圆的几何关系（二）

STEP 9 单击“草图”工具栏中的“智能尺寸”按钮，顺次选中两个圆的圆心，向下拖动，并在空白处单击，再在弹出的对话框中单击“确定”按钮，如图 2-107 所示。

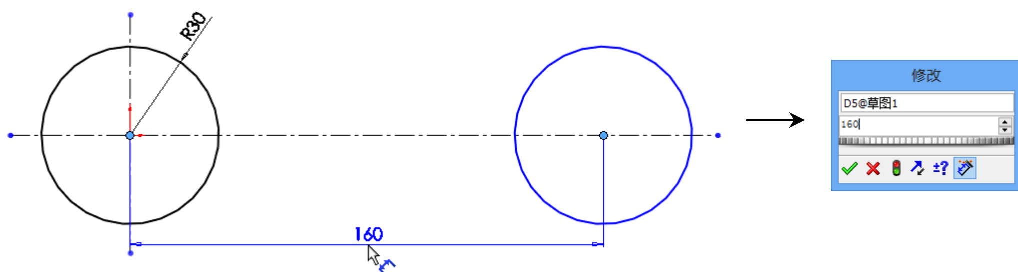


图 2-107　定义两圆之间的距离

STEP 10 单击“草图”工具栏中的“直线”按钮，绘制一条端点在两个圆上的水平直线，如图 2-108 所示。

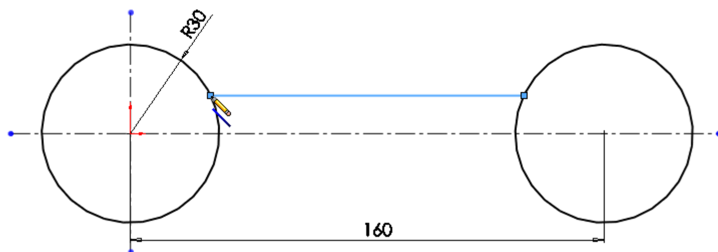


图 2-108　绘制连接两圆的水平直线

STEP 11 单击“草图”工具栏中的“智能尺寸”按钮，然后选中刚绘制的直线和水平中心线，设置其距离为 15，如图 2-109 所示。

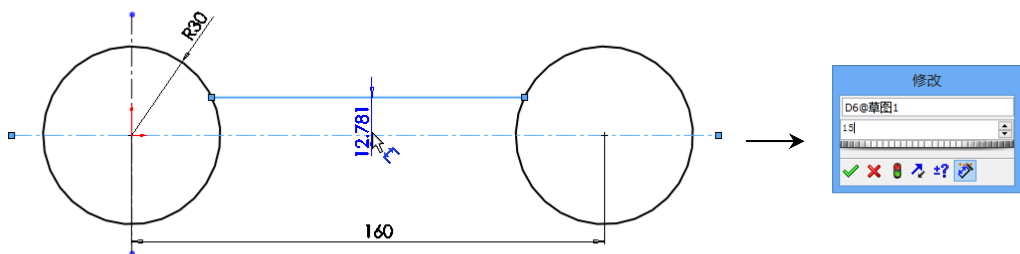


图 2-109　定义直线到水平中心线的距离

STEP 12 单击“草图”工具栏中的“镜向实体”按钮，然后选中刚绘制的水平直线为“要镜向的实体”，选择水平中心线为“镜向点”，并选中“复制”按钮，单击“确定”按钮，复制一条直线，如图 2-110 所示。

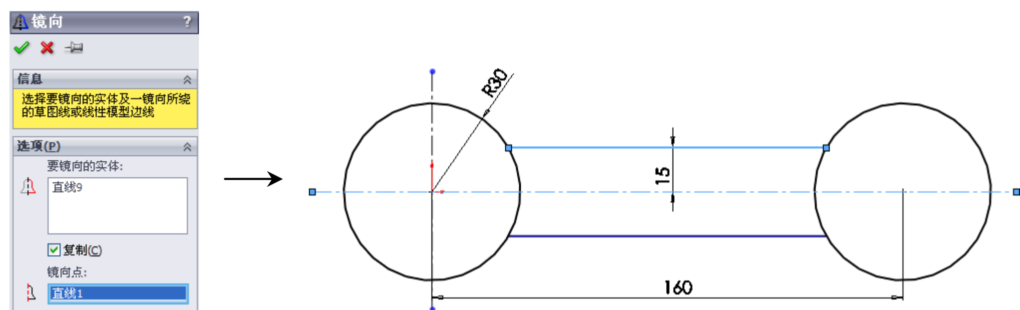


图 2-110　镜像直线操作

STEP 13 单击“草图”工具栏中的“多边形”按钮，以右侧圆的圆心为中心点，以“内切圆”的方式绘制一内切圆半径为 15 的正六边形，如图 2-111 所示。

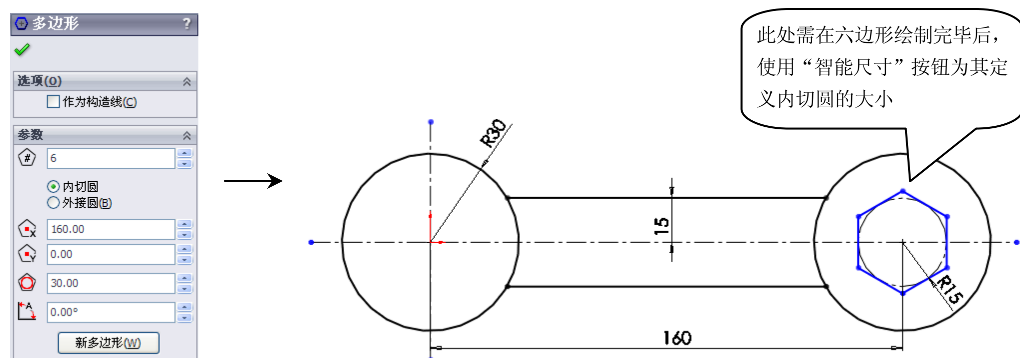


图 2-111　绘制多边形操作

STEP 14 同步骤 13，单击“草图”工具栏中的“多边形”按钮，以左侧圆的圆心为中心点，以“外接圆”方式绘制一外接圆半径为 14 的正六边形，如图 2-112 所示。

STEP 15 单击“草图”工具栏中的“直线”按钮，绘制两条经过左侧正六边形顶部和底部端点，并与圆相交的水平直线，如图 2-113 所示。

STEP 16 单击“草图”工具栏中的“剪裁实体”按钮，打开“裁剪”对话框，如图 2-114

左图所示，选中“强劲剪裁”按钮，然后按住鼠标左键，顺次滑过要剪裁的线条区域，对图形进行剪裁，如图 2-114 右图所示。

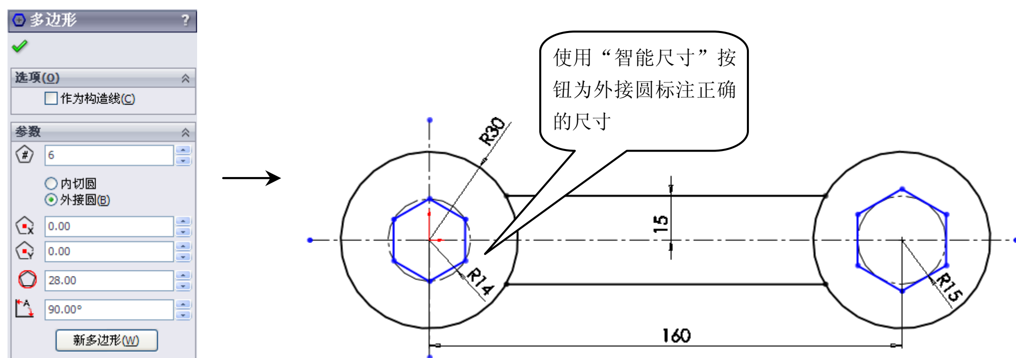


图 2-112　绘制左侧多边形操作

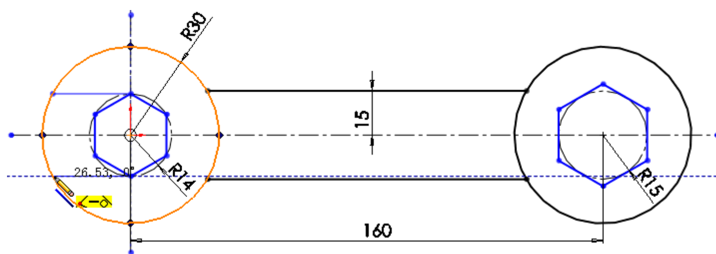


图 2-113　绘制水平直线

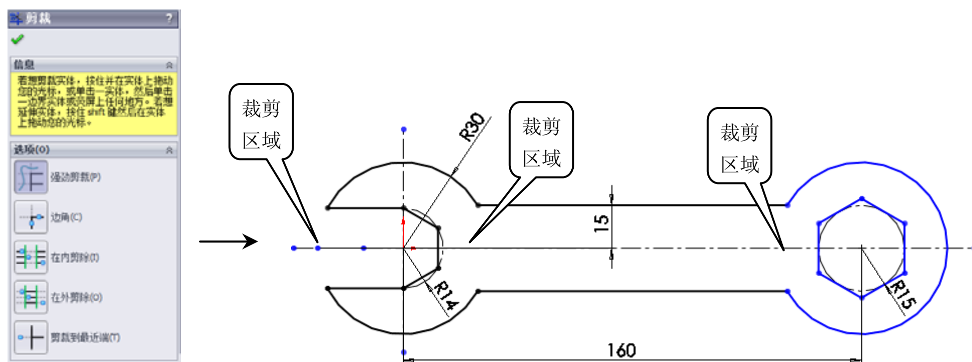


图 2-114　剪裁操作

STEP 17 单击“草图”工具栏中的“绘制圆角”按钮，在打开的“绘制圆角”属性管理器（图 2-115 左图）中设置圆角的半径为 5，然后顺次选中两个圆与水平直线相交的 4 个顶角，并单击“确定”按钮进行圆角处理，如图 2-115 右图所示。

STEP 18 同步骤 17，对扳手左侧的两个尖角进行圆角处理，圆角的半径为 1，如图 2-116 所示，完成扳手草图的绘制。



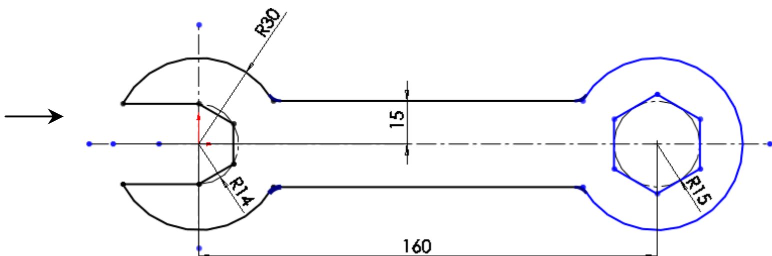


图 2-115　圆角操作（一）



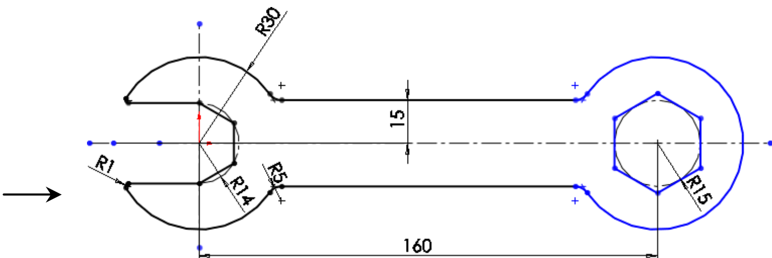


图 2-116　圆角操作（二）

2.4　标注尺寸和几何关系

上面绘制实体操作，只是确定了截面图形的大体轮廓，并没有具体规范图形的大小和各图形相互间的关系，图形很不精确。因此，必须通过标注尺寸来确定图形的具体长度、弧度等，通过添加约束来确定图形间是否具有垂直、平行等关系，以此来达到精确定义图形的目的。

2.4.1 标注尺寸

标注尺寸就是为截面图形标注长度、直径、弧度等尺寸（图 2-117），通过标注尺寸，可以定义图形的大小。

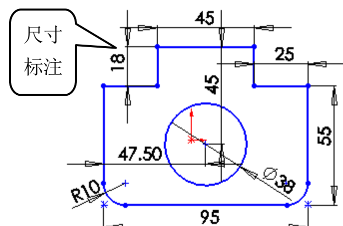


图 2-117　草图上的尺寸标注

在 SolidWorks 中，标注尺寸主要利用“智能尺寸”工具来完成，可标注线性尺寸、角度尺寸、圆弧尺寸和圆的尺寸，下面分别介绍其操作。

1．标注线性尺寸

线性尺寸分为水平尺寸、垂直尺寸和平行尺寸 3 种。单击“草图”工具栏中的“智能尺寸”按钮（或选择“工具”>“标注尺寸”>“智能尺寸”菜单），将鼠标指针移动至需标注尺寸的直线附近，直线显示为红色时单击，然后一直向下移动鼠标，可拖出水平尺寸，一直向右拖动鼠标可拖出垂直尺寸，沿着垂直于直线的方向移动可拖出平行尺寸（图 2-118）。

拖出尺寸标注后在适当位置单击，可确定所标注尺寸的位置，同时弹出“修改”对话框，如图 2-119 所示。在对话框中键入图形对象的新长度，单击对话框中的“确定”按钮，完

成尺寸标注。

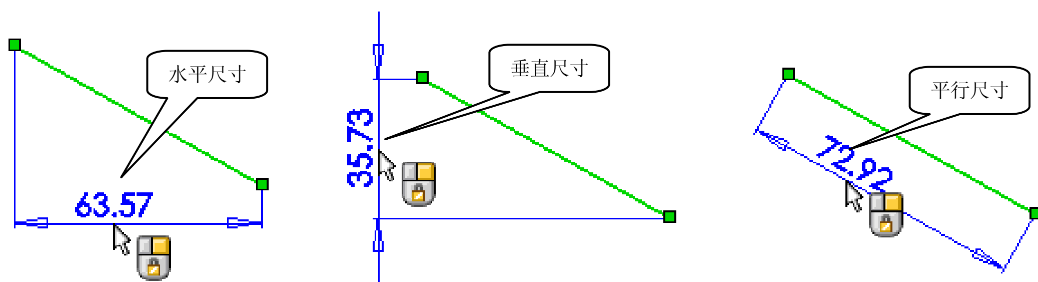
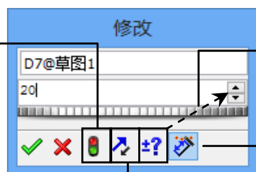


图 2-118　线性尺寸标注

以当前的数值重建模型（即用当前的标注值确定对象长度）

设置选值框的增量值



标注要输入进工程图中的尺寸（即此尺寸可在工程图中显示）

反转尺寸方向

图 2-119 “修改”对话框



可以通过单击“反转尺寸方向”按钮，或在草图尺寸文本框中输入负值来反转尺寸的方向。

2．角度尺寸的标注

单击“草图”工具栏中的“智能尺寸”按钮，用鼠标分别单击需标注角度尺寸的两条直线，移动鼠标并在适当位置单击，即可标注角度尺寸，如图 2-120 所示。

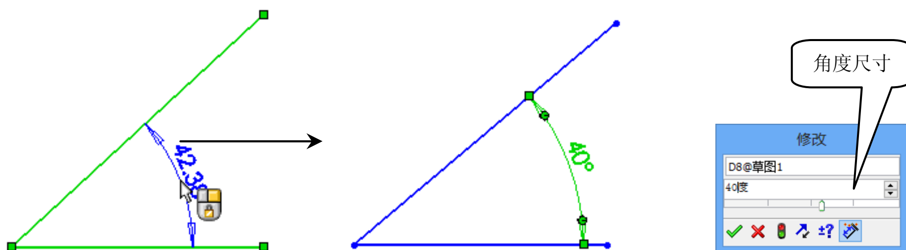


图 2-120　标注“角度尺寸”



在标注角度尺寸时，移动鼠标指针至不同的位置，可得到不同的标注形式，如图 2-121 所示。

3．标注圆弧尺寸

可标注圆弧半径和圆弧弧长两种圆弧尺寸，下面分别介绍其操作。

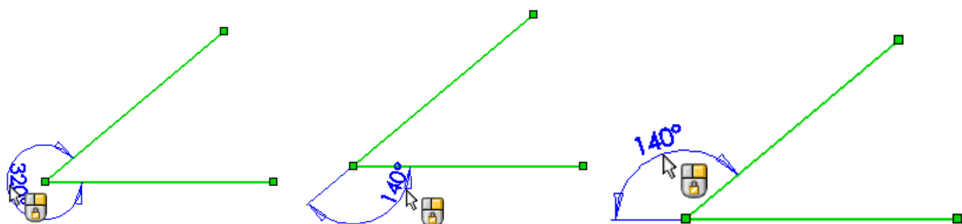


图 2-121　几种不同角度尺寸标注形式

➢ 标注圆弧半径

单击“草图”工具栏中的“智能尺寸”按钮，单击圆弧，移动鼠标拖出半径尺寸，再次单击确定尺寸的放置位置，即可标注圆弧半径，如图 2-122 所示。

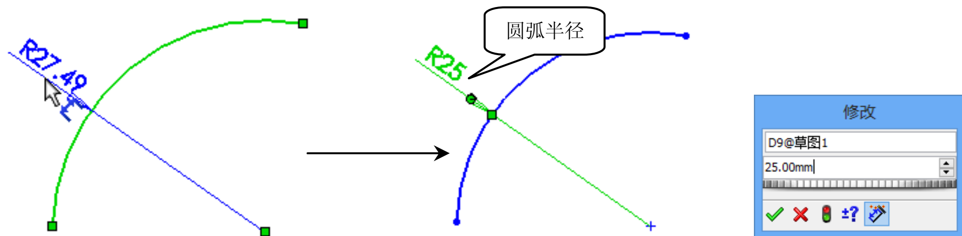


图 2-122　标注圆弧半径尺寸

➢ 标注圆弧弧长

单击“草图”工具栏中的“智能尺寸”按钮，用鼠标分别单击圆弧的两个端点及圆弧，移动鼠标并单击即可标注圆弧弧长，如图 2-123 所示。

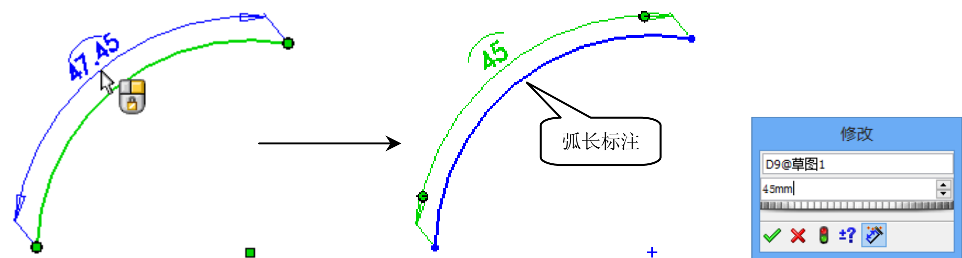


图 2-123　标注圆弧的弧长

4．圆的尺寸标注

单击“草图”工具栏中的“智能尺寸”按钮，单击圆并移动鼠标，再次单击确定尺寸标注的放置位置，即可标注圆的直径，如图 2-124 所示。

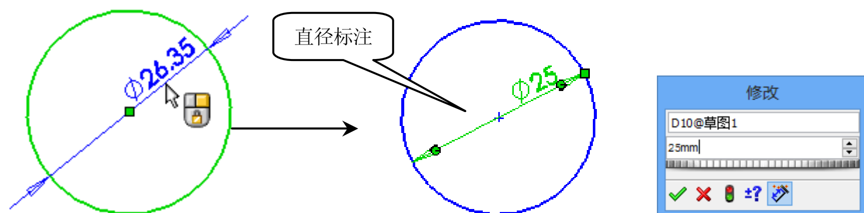


图 2-124　标注圆的直径尺寸



提示

在标注圆的直径时，鼠标单击位置不同，圆的标注形式也有所不同，如图 2-125 左图所示。而且通过单击“尺寸”属性管理器“引线”选项卡的“半径”按钮，可以标注圆的半径尺寸，如图 2-125 右图所示。

“尺寸”属性管理器中对每种尺寸标注都提供了大量的选项可以设置。例如可设置尺寸标注的“对齐方式”“箭头样式”和“文字样式”等，由于篇幅限制，本文不一一讲述其意义，有兴趣的读者不妨自己尝试一下。

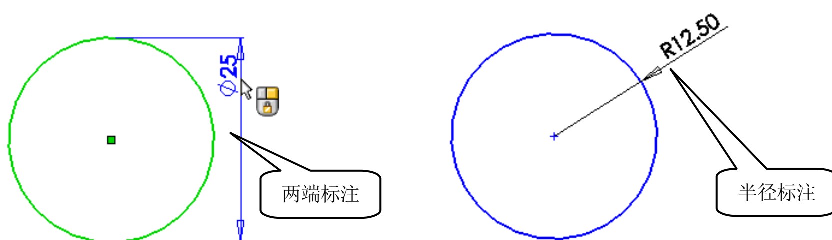


图 2-125　圆直径尺寸的标注形式和圆的半径标注



知识库

在草绘模式下，在尺寸标注上双击，弹出“修改”对话框，可在此对话框中对尺寸标注进行修改。

2.4.2 几何关系

几何关系是指各几何元素或几何元素与基准面、轴线、边线或端点之间的相对位置关系。例如，两条直线平行或垂直、两圆相切或同心等，均是两几何元素间的几何关系。在 SolidWorks 中，可自动添加几何关系，也可手动添加几何关系，下面分别介绍其操作。

1. 自动添加几何关系

自动添加几何关系是指在绘图过程中，系统根据几何元素的相关位置，自动赋予几何意义，不需另行添加几何关系。例如，在绘制竖直直线时，如图 2-126 左图所示，系统自动添加“竖直”几何关系，且在“线条属性”管理器的“现有几何关系”列表列出了该几何关系，如图 2-126 右图所示。

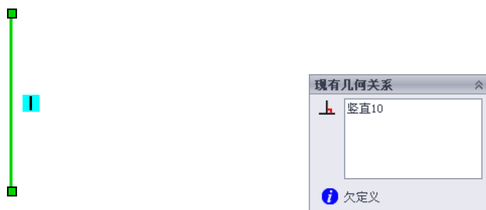


图 2-126　带有竖直几何关系的直线和“现有几何关系”列表



可选择“工具”>“选项”菜单，打开“系统选项”对话框，如图 2-127 所示，在“系统选项”选项卡中选择“草图”>“几何关系/捕捉”选项，在右侧选择或取消“自动几何关系”复选框，可设置在绘制图形时，系统是否自动添加几何关系。



选择“视图”>“草图几何关系”菜单，可设置在当前草图中是否显示已添加的几何关系。

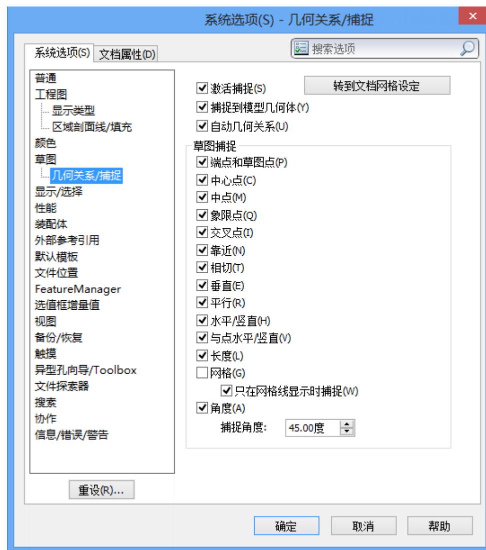


图 2-127　设置是否自动添加几何关系

2．手动添加几何关系

手动添加几何关系是指用户根据模型设计的需要，手动设置图形元素间的几何约束关系，下面先来看一个添加几何关系的操作实例。

STEP 1 首先绘制一条倾斜直线，如图 2-128 左图所示，然后单击“草图”工具栏中的“添加几何关系”按钮（或选择“工具”>“几何关系”>“添加”菜单）。

STEP 2 单击倾斜直线，则该直线的名称将显示在“添加几何关系”属性管理器的“所选实体”选项列表中，如图 2-128 中图所示。

STEP 3 单击“添加几何关系”卷展栏中的“水平”按钮，则该倾斜直线将水平放置，如图 2-128 右图所示。

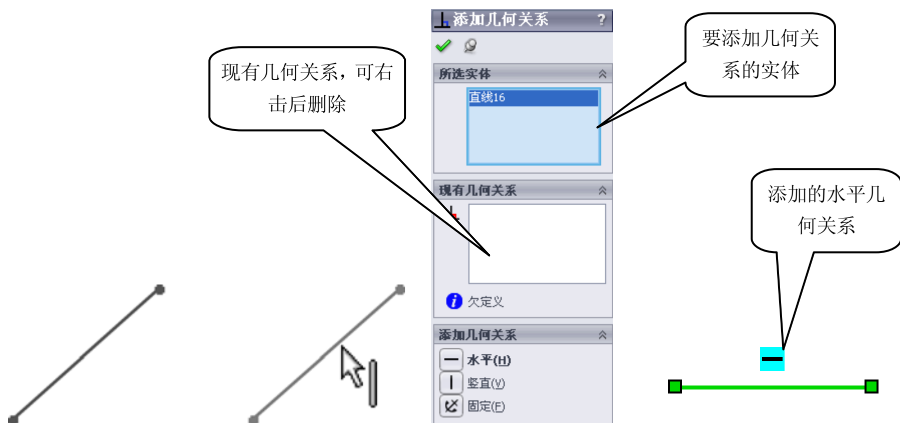


图 2-128　添加水平几何关系

系统会根据用户所选择的草绘实体提供不同的几何关系按钮，可添加水平、竖直、相等、共线、平行、相切、同心、中点、对称等几何关系，下面介绍这些几何关系的意义：

➢ 水平几何关系：可令选择的对象水平放置，如图 2-128 所示。



➢ 竖直几何关系 ：使选取的对象按竖直方向放置，如图 2-129 所示。

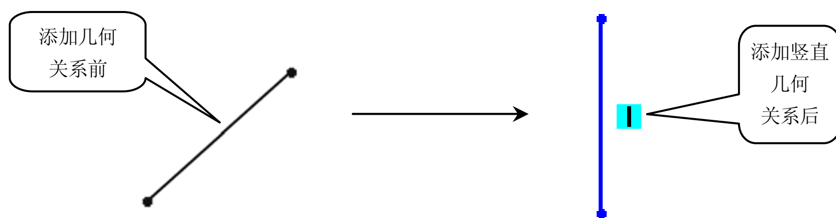


图 2-129　添加竖直几何关系

➢ 相等几何关系 ：使选取的图形元素等长或等径，如图 2-130 所示。

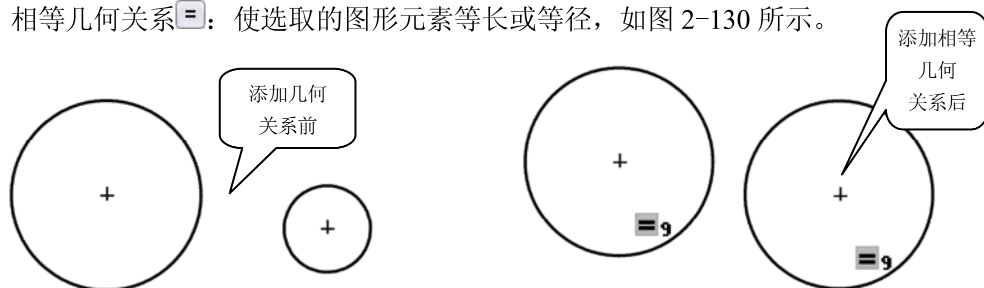


图 2-130　添加相等几何关系

➢ 共线几何关系 ：使两条或两条以上的直线落在同一直线或其延长线上，如图 2-131 所示。

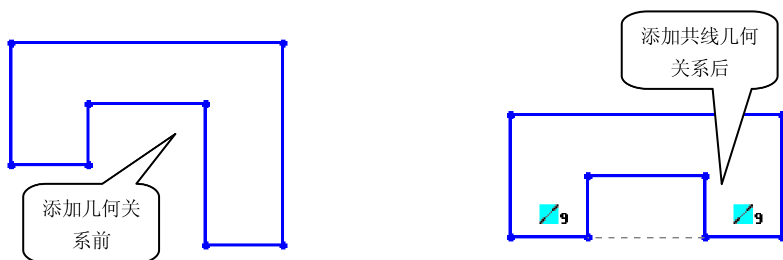


图 2-131　添加共线几何关系

➢ 平行几何关系 ：使两条或两条以上的直线与一条直线或一个实体边缘线互相平行，如图 2-132 所示。



图 2-132　添加平行几何关系

➢ 相切几何关系 ：使两图线（直线、圆、圆弧、椭圆或实体边缘线）相切，如图 2-133

所示。

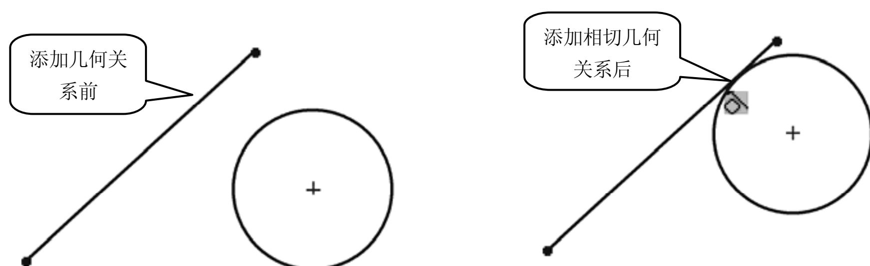


图 2-133　添加相切几何关系

➢ 同心几何关系◎：使两圆或圆弧同圆心，如图 2-134 所示。

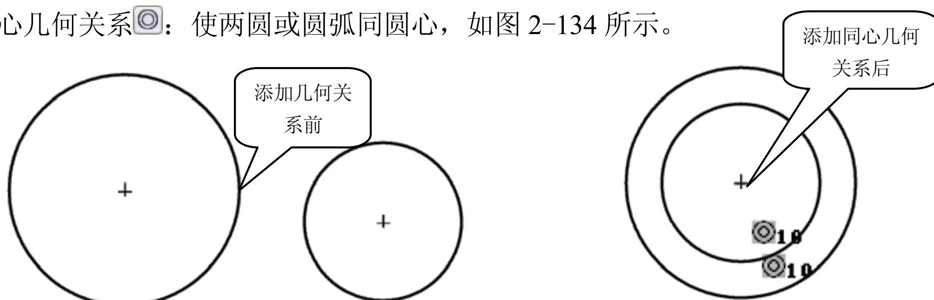


图 2-134　添加同心几何关系

➢ 中点几何关系：使点（端点或圆心点）位于线段的中点，如图 2-135 所示。

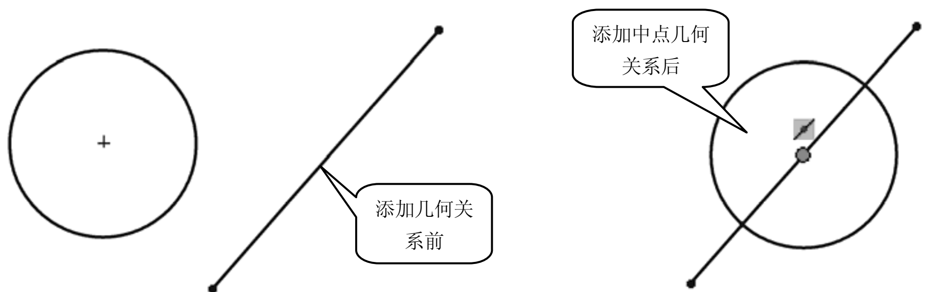


图 2-135　添加中点几何关系

➢ 对称几何关系：使两条图线关于一个中心线对称，如图 2-136 所示。

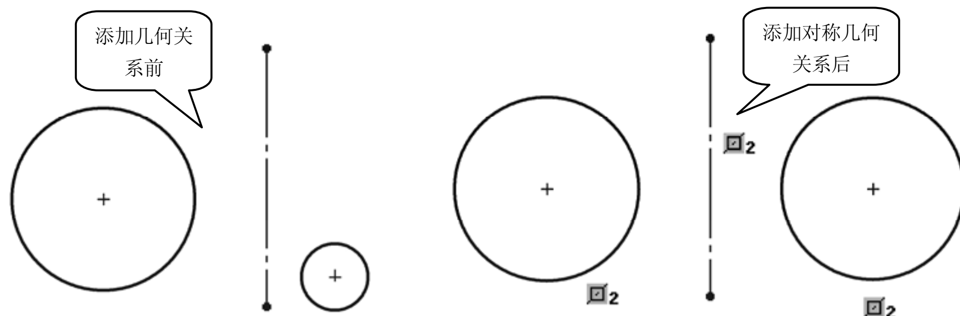


图 2-136　添加对称几何关系





在手动添加几何关系时，先选中的图形元素会限制后选中的图形元素；此外，在设置对称几何关系时，所选图形元素中必须包括中心线。



退出草图模式后，可在特征管理器的设计树中，单击草图项目，然后在弹出的工具栏中选择“编辑草图”按钮，即可进入此草图项目的编辑模式。也可直接双击操作区中的草图，进入其编辑模式。

实例精讲——“手柄”草图绘制

下边绘制一个手柄草图，并标注尺寸，如图 2-137 所示，以熟悉本章所学的知识。

【制作分析】

本实例在绘制的过程中，首先使用中心线、直线、圆和圆弧等实体绘制工具，结合镜像实体和修剪工具，并通过添加几何关系绘制出草图的大体曲线轮廓，然后给草图的各个组成部分添加尺寸标注，得到最终的理想模型。

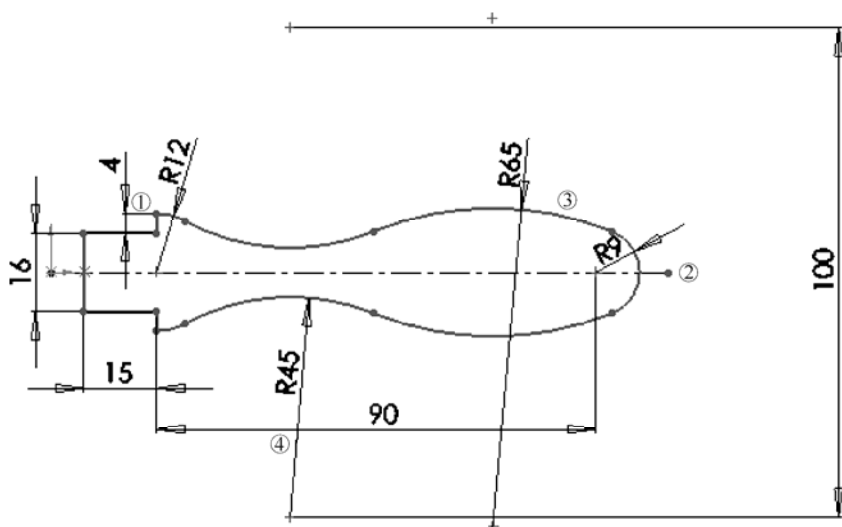


图 2-137　手柄草图（①②③④为绘图顺序，详见下面的制作步骤）

【制作步骤】

STEP 1 单击“草图绘制”按钮，并选择一基准面进入草图绘制模式。单击“草图”工具栏中的“中心线”按钮，在绘图区中画一条过坐标原点的水平中心线，如图 2-138 所示。



图 2-138 水平中心线

STEP 2 单击“草图”工具栏中的“直线”按钮，以中心线上的一点为直线的起点，连续绘制如图 2-139 所示的折线。

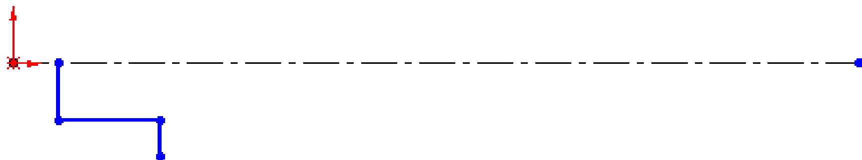


图 2-139 绘制折线

STEP 3 采用窗选方式，选取图中需镜像的图线及中心线，单击“草图”工具栏中的“镜像实体”按钮，生成如图 2-140 所示的对称图形。

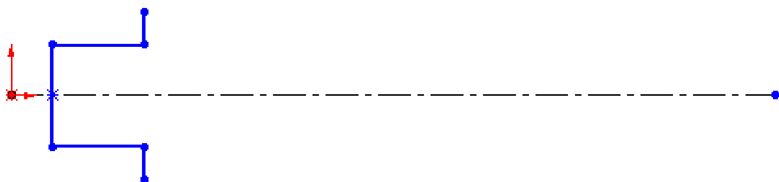


图 2-140 以镜像方式完成图形左部直线绘制

STEP 4 单击“草图”工具栏中的“三点圆弧”按钮，然后单击直线的两个端点，并在适当位置单击另一点，绘制一个半圆弧，如图 2-141 所示。

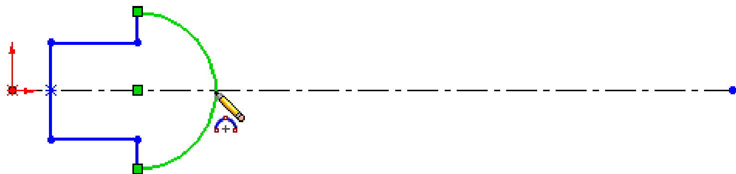


图 2-141 以“三点圆”方式绘制圆弧

STEP 5 单击“草图”工具栏中的“圆”按钮，然后在水平中心线的右部单击，令圆位于水平中心线上，绘制一个圆，如图 2-142 所示。

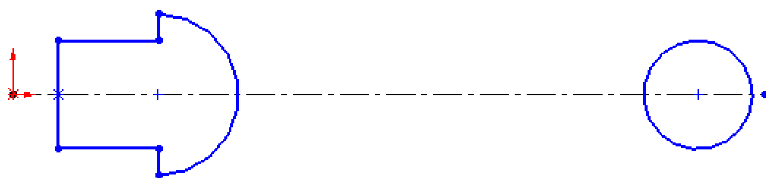


图 2-142 绘制圆

STEP 6 单击“草图”工具栏中的“圆”按钮，按照图 2-143 所示绘制两个圆，在绘制时注意令新绘制的“圆”与相应的圆或圆弧相切。

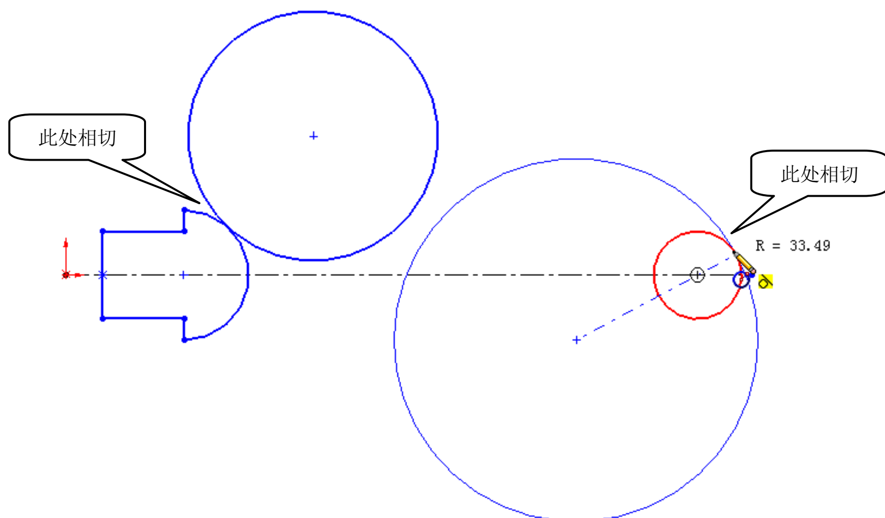


图 2-143　绘制两个“圆”并令其与相关圆或圆弧相切

STEP 7 单击“草图”工具栏中的“添加几何关系”按钮，分别选择两个新绘制的“圆”，然后在左侧“添加几何关系”属性管理器中单击“相切”按钮，令两个圆弧相切，如图 2-144 所示。

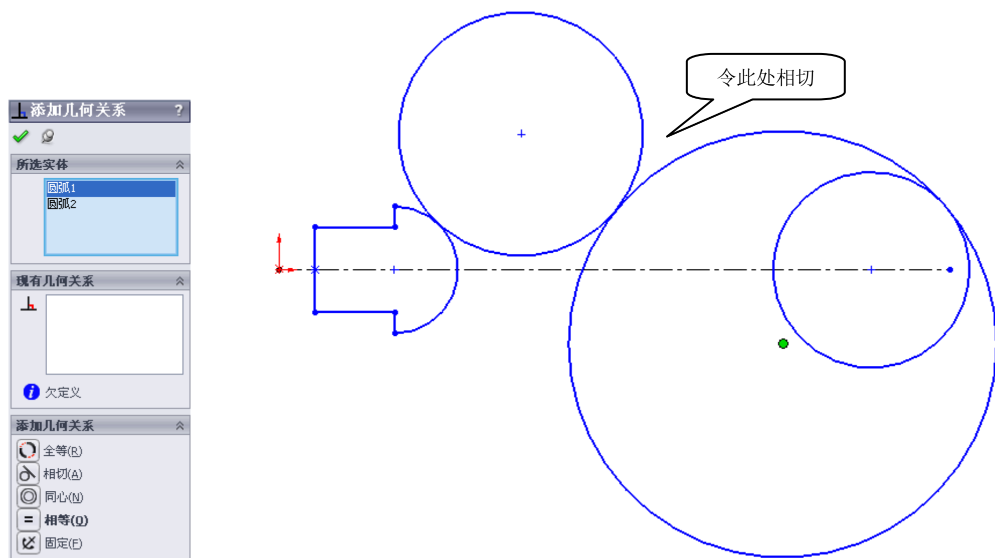


图 2-144　令新绘制的两个圆相切

STEP 8 单击“裁剪实体”按钮，并在左侧“修剪”属性管理器中单击“修剪到最近端”按钮，单击需修剪的曲线部分，得到图形的初步效果，如图 2-145 所示。

STEP 9 选取修剪后剩下的两段圆弧及中心线，单击“草图”工具栏中的“镜像实体”

按钮，得到如图 2-146 所示的图形。

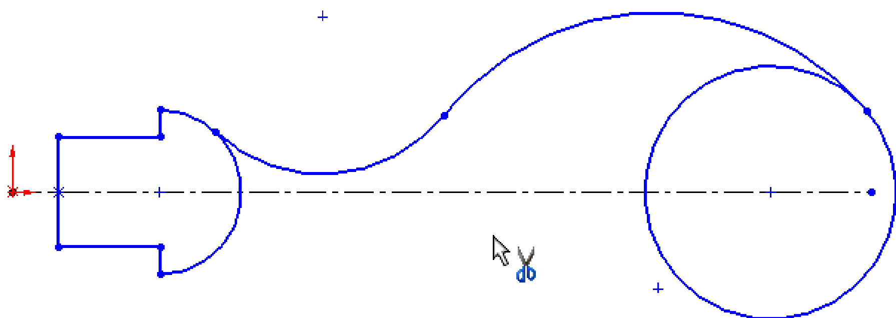


图 2-145　修剪部分曲线后的效果

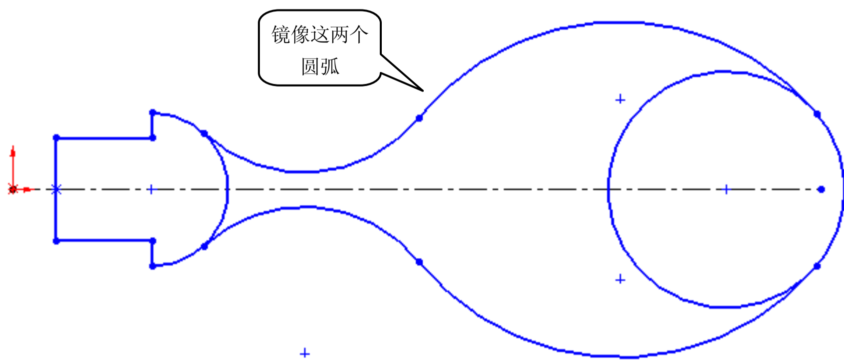


图 2-146　镜像相关曲线

STEP 10 单击“裁剪实体”按钮，同样采用“修剪到最近端”方式将图形中不必要的部分删除，效果如图 2-147 所示。

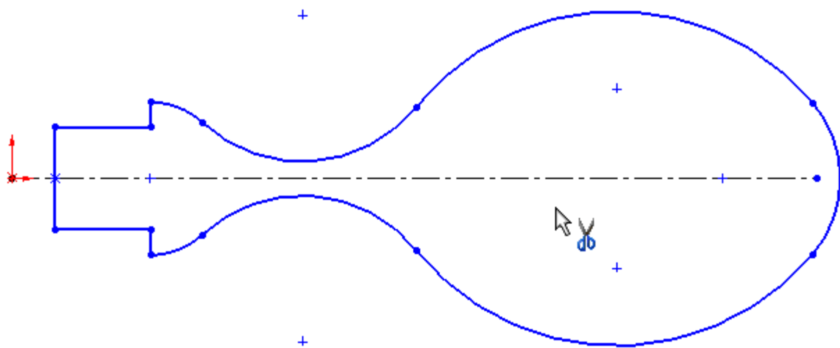


图 2-147　修剪部分曲线

STEP 11 单击“智能尺寸”按钮，按照图 2-137 所示的值添加尺寸标注，注意先添加线性尺寸，然后按照图中①②③④的顺序标注圆弧尺寸，即可得到最终的理想草绘图形。

2.5 本章小结

熟练准确地绘制出草图，是使用 SolidWorks 进行模型设计的第一步。本章主要介绍了绘制草图实体，对草图实体进行修改，以及进行标注尺寸和设置草图实体间几何关系的方法。其中尺寸标注和几何关系是本章的难点，也应重点掌握。

2.6 思考与练习

一、填空题

（1）草图指的是一个平面轮廓，用于定义特征的________、________和________等。

（2）草图工具栏提供了草图绘制所用到的大多数工具，并且进行了分类，包括________工具、________工具、________工具和________工具。

（3）草图绘制实体是指直接绘制________的操作，如绘制直线、多边形、圆和圆弧、椭圆和椭圆弧等。

（4）________也称为“构造线”，主要起参考轴的作用，通常用于生成对称的草图特征或旋转特征。

（5）在 SolidWorks 中绘制圆弧主要有________________、________和________三种方法。

（6）__________是在平面内到一个定点和一条定直线距离相等的点的轨迹，它是圆锥曲线的一种。

（7）利用__________工具可以按设置的方向，间隔一定的距离复制出对象的副本。

（8）使用____________工具可将现有草图或实体模型某一表面的边线投影到草绘平面上，其投影方向垂直于绘图平面，在绘图平面上生成新的草图实体。

（9）使用____________工具，可以将直线、圆弧或自由曲线的端点进行修剪或延伸。

（10）使用____________工具，可在保证图线原有趋势不变的情况下，向外延伸，直到与另一图线相交。

（11）________________可以及时准确地判断草图到指定特征操作的可行性。

（12）标注尺寸就是为截面图形标注长度、直径、弧度等尺寸，通过标注尺寸，可以______________。

二、问答题

（1）SolidWorks 中，有哪两种进入草绘模式的方法？试简述其操作。

（2）应使用哪个命令绘制“平行四边形”？试简述其操作。

（3）分割实体后应如何将其合并？

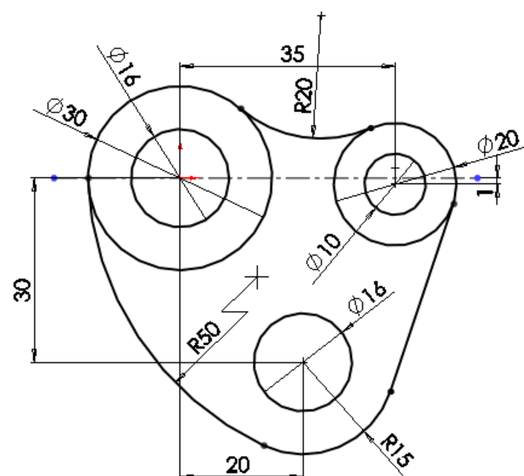
（4）能否在绘制图形时进行镜像操作？应该使用哪个命令？

（5）什么是几何关系？为什么要使用几何关系？

三、操作题

（1）尝试绘制一个五角星（推荐使用“多边形”和“线”工具绘制）。

（2）试绘制如图 2-148 所示的草绘图形，并为其标注尺寸。



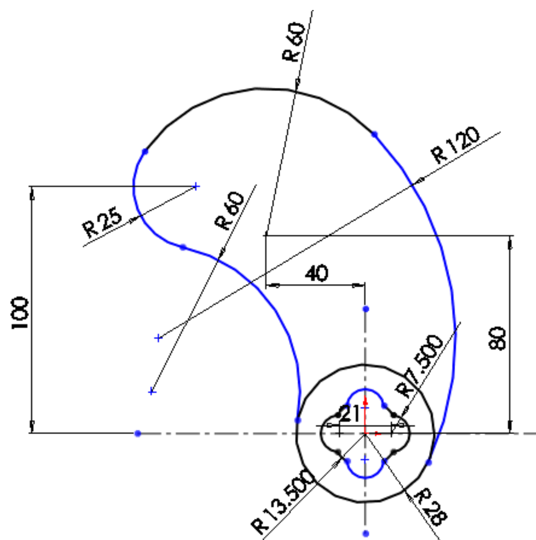


图 2-148　需绘制的草绘图形

第 3 章　特 征 建 模

本章要点

- 拉伸特征
- 旋转特征
- 扫描特征
- 放样特征
- 筋特征
- 孔特征
- 倒角/圆角特征
- 抽壳特征
- 拔模特征
- 非常用附加特征

学习目标

特征是以草图为基础创建三维模型的工具，如通过拉伸、旋转、扫描和放样等特征来直接生成三维模型（基础特征），或通过孔、圆角、抽壳、拔模等特征，对三维模型进行修改（附加特征）。本章讲述这些特征的使用方法。

3.1　拉伸特征

拉伸特征是生成三维模型时最常用的一种特征，其原理是将一个二维草绘平面图形拉伸一段距离形成特征，如图 3-1 所示。

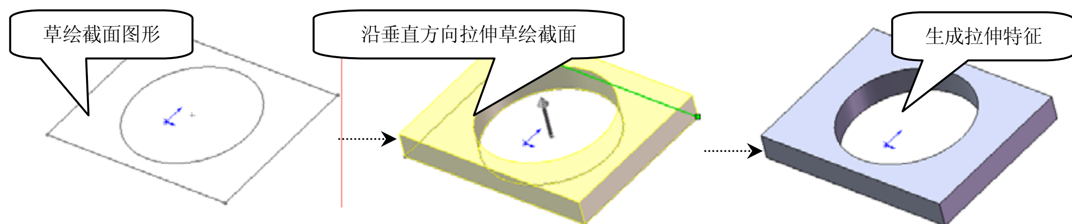


图 3-1　拉伸特征生成过程示意图

拉伸特征主要包括拉伸实体或薄壁、拉伸基体或凸台、切除拉伸和拉伸曲面四种类型，如图 3-2 所示，其中拉伸实体、薄壁和凸台可通过“拉伸凸台/基体”按钮创建，切除拉伸

可通过“拉伸切除”按钮创建，拉伸曲面可通过“拉伸曲面”按钮创建。

本章仅讲述使用“拉伸凸台/基体”按钮和“拉伸切除”按钮创建拉伸特征的方法，对于“拉伸曲面”操作，将在后面第 5 章讲述其操作。

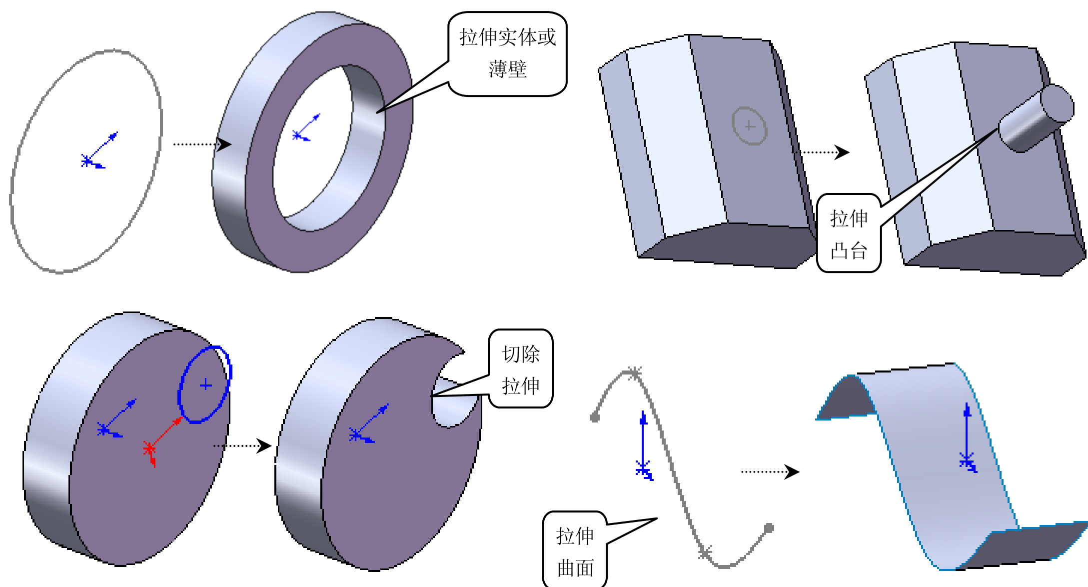


图 3-2 四种拉伸类型

3.1.1 “拉伸凸台/基体”的操作过程

拉伸基体就是拉伸出实体，而拉伸凸台则是在拉伸出的实体上绘制草图再伸出凸台（实际上是一样的）。下面将第 2 章中创建的“扳手”草图进行拉伸，创建其实体，来认识一下拉伸特征的操作方法。

STEP 1 按照第 2 章的操作，完成草图的绘制后（效果如图 3-3 所示），退出草绘模式。

STEP 2 通过左侧模型树，选中草绘图形（图 3-4），单击“拉伸凸台/基体”按钮，弹出“拉伸”属性管理器，在“方向”卷展栏的“深度”文本框中输入拉伸深度“2mm”，如图 3-5 所示，其他选项保持系统默认设置，单击“确定”按钮，即可完成拉伸实体操作，如图 3-6 所示。

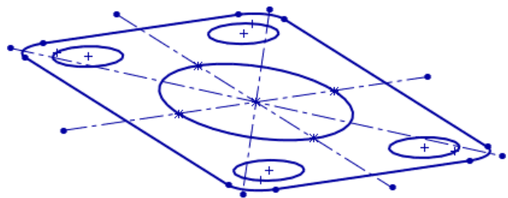


图 3-3 拉伸特征截面草绘

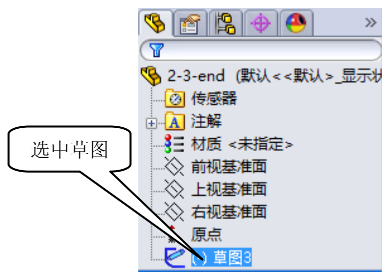


图 3-4 通过模型树选中草图



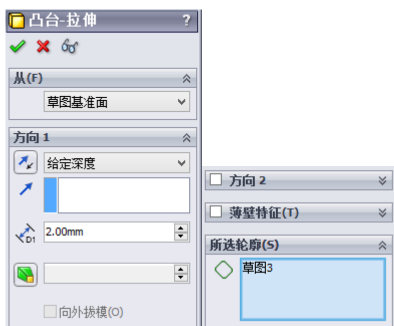


图 3-5 “拉伸”属性管理器

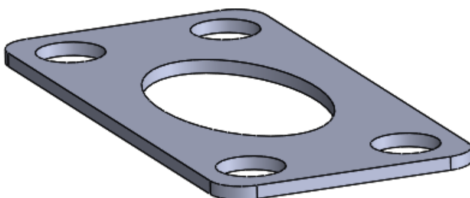


图 3-6 “拉伸”效果

3.1.2 “拉伸凸台/基体”的参数设置

“拉伸凸台/基体”的参数很多，上面只是创建了一个最简单的拉伸特征，实际上通过其他参数，还可以创建薄壁、拔模等拉伸特征，并可按要求设置拉伸方向、距离和拉伸的终止方式等，下面分别介绍。

1．“从（F）”卷展栏

如图 3-7 所示，“从（F）”卷展栏包括一个下拉列表，该列表用于设置拉伸的起始条件，具体如下：

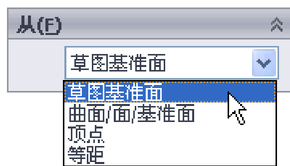
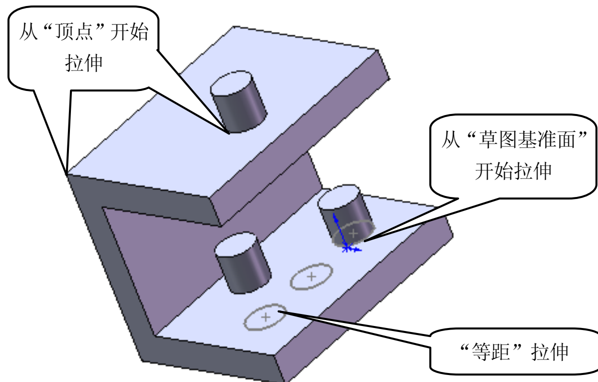


图 3-7 “从（F）”卷展栏

- 草图基准面：从草图所在的基准面开始拉伸，如图 3-8 左图所示。
- 顶点：从选择顶点所在的平面处开始拉伸，如图 3-8 左图所示。
- 等距：从与当前草图基准面等距的基准面上开始拉伸，可在“输入等距值”文本框中设定等距距离，如图 3-8 左图所示。
- 曲面/面/基准面：以选择的某个“曲面”“面”或“基准面”处开始拉伸。可以非平面开始拉伸，但是草图投影必须完全包含在非平面曲面或面的边界内，草图的开始曲面依存于非平面的形状，如图 3-8 右图所示。



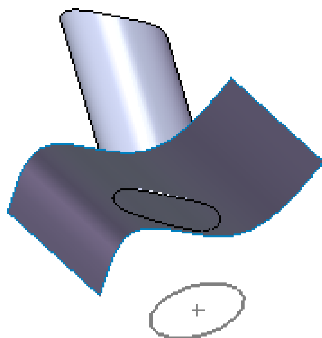


图 3-8 “从（F）”卷展栏的作用

2．“方向 1”卷展栏

“方向 1”卷展栏中的参数如图 3-9 所示，用户可在其中设置凸台或基体在“方向 1”上的拉伸终止条件、拉伸方向以及拔模斜度等，具体如下：



图 3-9 “方向 1”卷展栏及“拉伸终止条件”的下拉列表

➢ “拉伸终止条件”选项：该选项用来定义拉伸特征在拉伸方向上的终止位置或条件，在“拉伸终止条件”选项的下拉列表中包括 8 种不同形式的终止条件，各种终止条件的作用如图 3-10 所示，其意义见表 3-1。

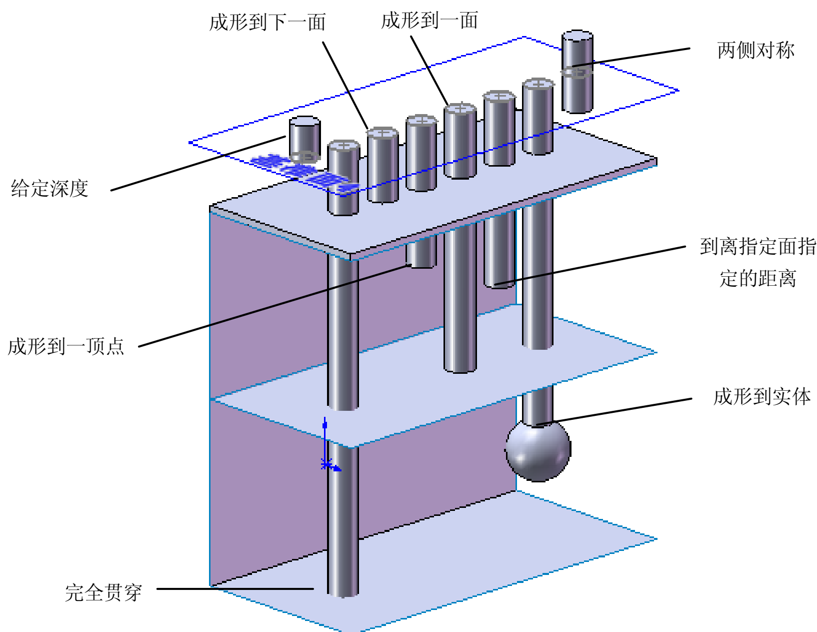


图 3-10 拉伸终止条件选项的作用

表 3-1 “拉伸终止条件”各选项的作用

拉伸终止条件	意　　义
给定深度	以一定的高度值进行拉伸
完全贯穿	从草图的基准面开始拉伸，直到贯穿几何体的所有部分
成形到下一面	从拉伸方向开始，拉伸到实体当前面的下一面
成形到一顶点	拉伸到所选顶点所在的面
成形到一面	拉伸到某个面

（续）

拉伸终止条件	意　　义
到离指定面指定的距离	拉伸到距离指定面一定距离的位置
成形到实体	拉伸到某个实体
两侧对称	以指定距离向两侧拉伸

单击“反向”按钮可以反转拉伸的方向。

➢ “拉伸方向”选项：该选项默认拉伸方向为垂直于草图基准面的方向，但用户也可以自定义拉伸的方向，如图 3-11 所示。

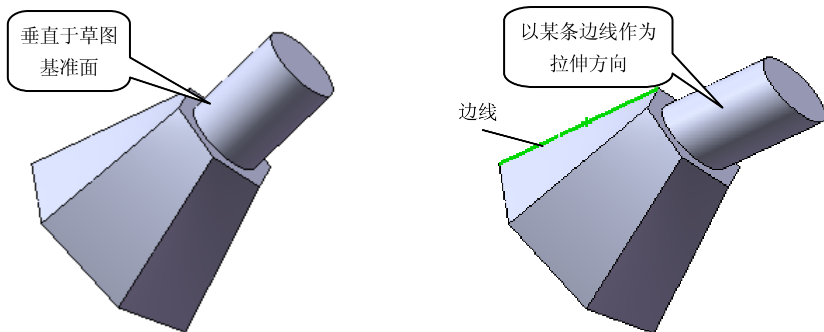


图 3-11　“拉伸方向”选项的作用

➢ “合并结果”复选框：选中此复选框，如有可能，执行拉伸操作后会将所产生的实体合并到现有实体；如果不选择，拉伸特征将生成一不同实体。

➢ “拔模”选项：单击“拔模开/关”按钮可在后边文本框中设置拔模度数，选择“向外拔模”复选框可设置向外拔模，如图 3-12 所示。

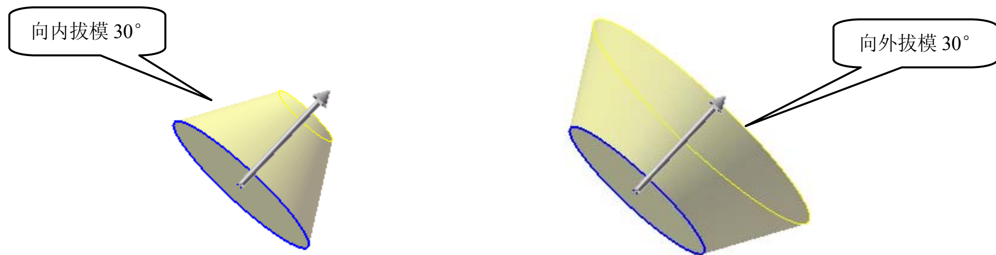


图 3-12　拔模效果比较

3．“方向 2”卷展栏

“方向 2”卷展栏的参数设置如图 3-13 左图所示，用于设置在另外一个方向上的拉伸效果，如图 3-13 右图所示。它与“方向 1”类似，不同的是“方向 2”不能设置拉伸方向（“方向 2”与“方向 1”相反），只能设置拉伸深度、拉伸终止条件和是否拔模，并且在“方向 1”选择拉伸终止条件为“两侧对称”时，没有“方向 2”选项。

4．“薄壁特征”卷展栏

“薄壁特征”卷展栏如图 3-14 所示，用于设置进行“薄壁拉伸”，“薄壁”是指具有一定厚度的实体特征，可以对闭环和开环草图进行薄壁拉伸。

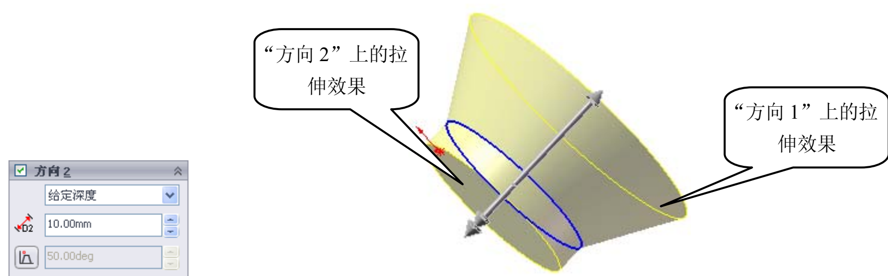


图 3-13 "方向 2"卷展栏和另外一个方向上的拉伸效果



图 3-14 "薄壁特征"卷展栏

"薄壁特征"卷展栏中各选项的作用如下：

➢ "类型"选项：该选项用于设定薄壁特征拉伸的类型，包括"单向""两侧对称"和"双向"三种类型，其意义见表 3-2，其作用如图 3-15 所示。

表 3-2 薄壁"类型"选项的作用

薄 壁 类 型	意 义
单向	设置薄壁向外单侧拉伸
两侧对称	设置薄壁向内外两侧以相同距离拉伸
双向	设置薄壁以不同距离向内外两侧分别拉伸

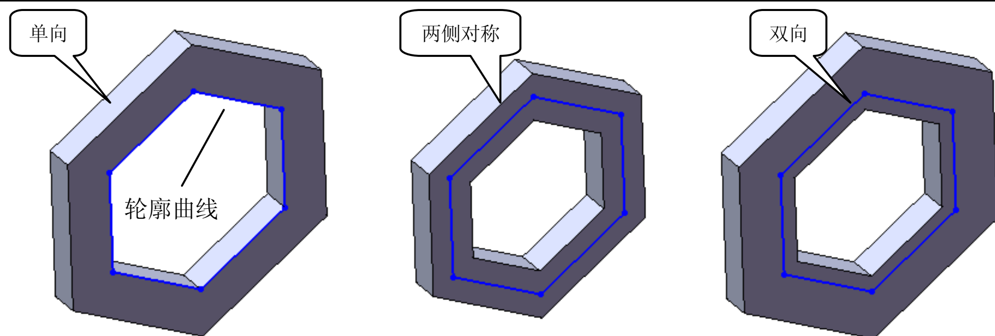


图 3-15 薄壁特征的类型

➢ "顶端加盖"选项：选中"顶端加盖"复选框，可以为薄壁特征的顶端加上顶盖，在下面的"加盖厚度"文本框中可以指定顶盖的厚度。"顶端加盖"项只可用于模型中第一个拉伸实体。

➢ "自动加圆角"选项：如果轮廓草图是开环的，则会在"薄壁特征"选项卡中出现"自动加圆角"复选框，如图 3-16 左图所示。选中此复选框，可在下面的"圆角半径"

文本框设置自动倒圆角的值，从而在具有夹角的相交边线上自动生成圆角，如图 3-16 右图所示。

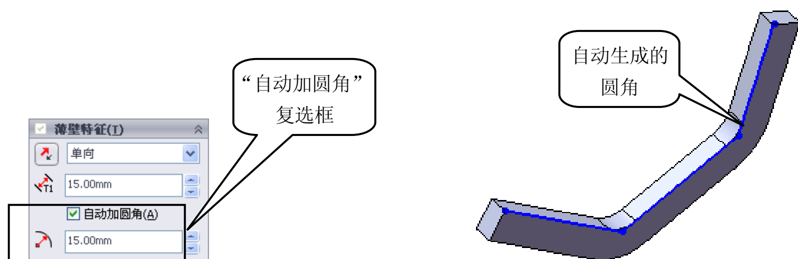


图 3-16 “自动加圆角”选项和其效果

5．“所选轮廓”卷展栏

“所选轮廓”卷展栏，允许用户选择当前草图中的部分草图生成拉伸特征，如图 3-17 所示。

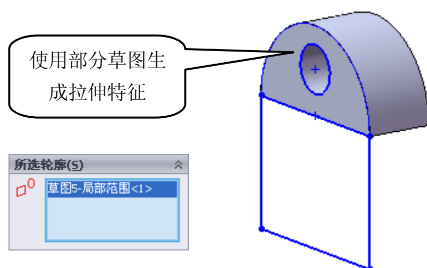


图 3-17 “所选轮廓”卷展栏和拉伸实体



构成拉伸特征通常需要如下三个基本要素：

- 草图：用于定义拉伸特征的基本轮廓，是拉伸特征最基本的要素，它描述了截面的形状。通常要求草图为封闭的二维图形，并且不能存在自交叉现象。
- 拉伸方向：垂直草图方向或指定方向，均可作为拉伸特征的拉伸方向。
- 终止条件：定义拉伸特征在拉伸方向上的终止位置。

3.1.3 “拉伸切除”特征

使用“拉伸切除”按钮可以创建切除拉伸特征，即以拉伸体作为“刀具”在原有实体上去除材料，如图 3-18 所示。

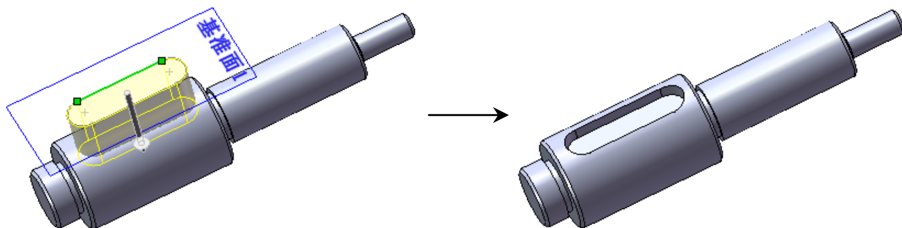


图 3-18 “拉伸切除”特征的作用

“拉伸切除”特征与“拉伸凸台/基体”的参数设置基本一致，如图 3-19 左图所示，只是在“拉伸切除”特征中增加了“反侧切除”复选框，利用该复选框可以切除封闭草图以外的

部分，如图 3-19 右图所示。

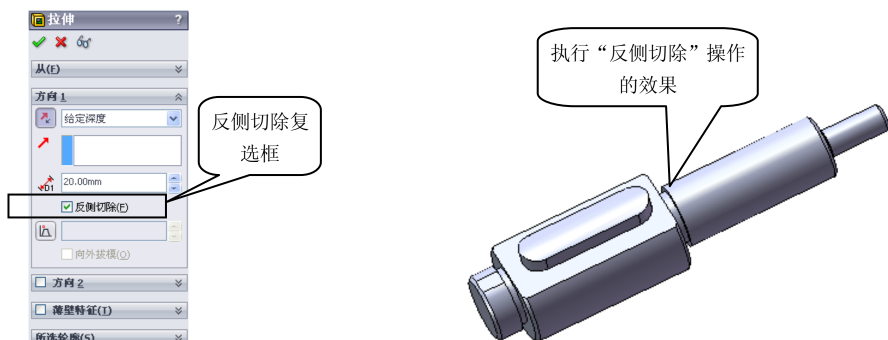


图 3-19 选择“反侧切除”拉伸创建的实体

实例精讲——“链轮”设计

下边绘制一个“链轮”模型（图 3-20），以熟悉“拉伸凸台/基体”特征和“拉伸切除”特征操作。

【制作分析】

本实例主要使用拉伸操作创建“链轮”模型，在操作过程中，草图绘制是难点，拉伸操作是重点，具体操作如下。

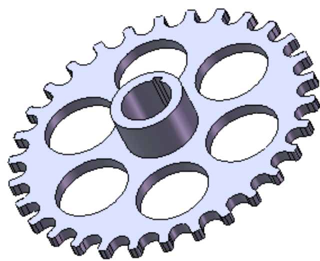


图 3-20 “链轮”模型

【制作步骤】

STEP 1 新建一零件文件，并进入草绘模式，绘制一如图 3-21 所示的草绘图形，并退出草图环境。

STEP 2 单击“特征”工具栏中的“拉伸凸台/基体”按钮，选择操作区中的草绘模型，并设置拉伸深度为 8，如图 3-22 左图所示，单击“确定”按钮，创建“链轮”的主体轮廓，效果如图 3-22 右图所示。

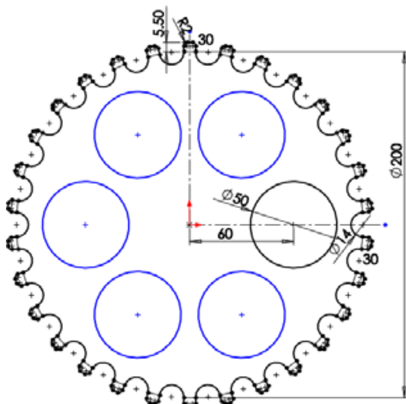


图 3-21 草绘图形



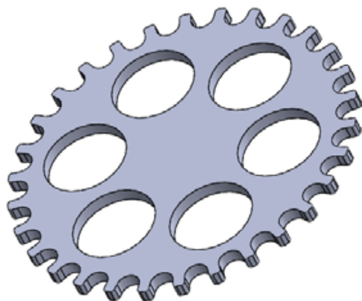


图 3-22 拉伸的“方向 1”对话框以及“链轮”模型

STEP 3 如图 3-23 所示，选择“链轮”主体模型的某个面，并进入其草绘模式，在“链轮”的中央绘制一半径为 25 的圆，并退出草绘模式。

STEP 4 再次单击“拉伸凸台/基体”按钮，选择刚才绘制的圆，并设置拉伸深度为 28，如图 3-24 左图所示，完成主轴拉伸体的创建，效果如图 3-24 右图所示。

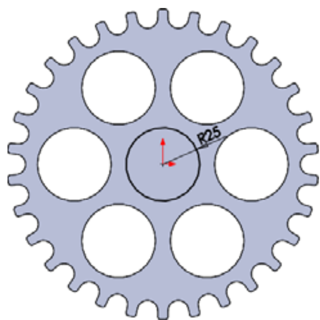
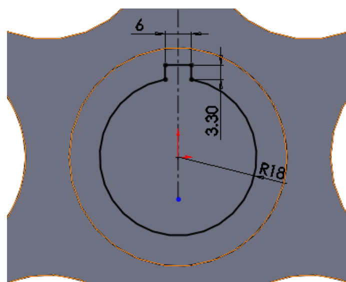


图 3-23　创建圆



图 3-24　创建主轴拉伸体

STEP 5 如图 3-25 左图所示，进入“链轮”前轴平面的草绘环境，并绘制如图所示的草绘模型，并单击“拉伸切除”按钮对模型进行切除拉伸（参数设置如图 3-25 中图所示），完成“链轮”的绘制，效果如图 3-25 右图所示。



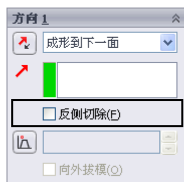


图 3-25　创建“链轮”的中轴空腔

3.2　旋转特征

旋转特征是将草绘截面绕旋转中心线旋转一定角度而生成的特征。如图 3-26 所示，常见的轴类、盘类、球类或含有球面的回转体类零件，都可用旋转命令进行造型。

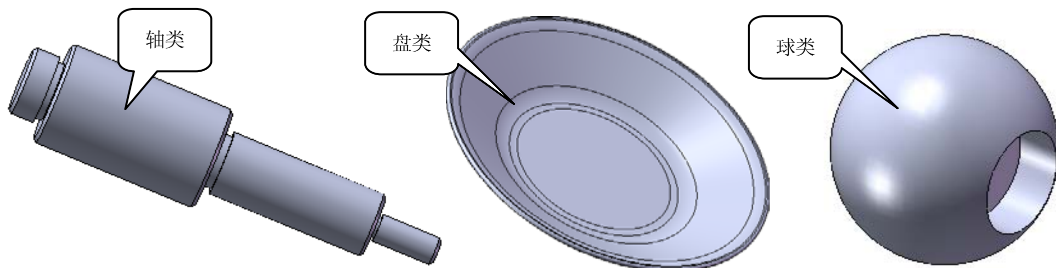


图 3-26　常见的轴类、盘类和球类旋转特征

旋转特征主要包括“旋转凸台/基体”和“旋转切除”两类特征，可以创建实体、薄壁，可以设置旋转角度，也可以进行旋转切除。

3.2.1 “旋转凸台/基体”的操作过程

旋转特征的操作过程包括：首先绘制一条中心线，并在中心线的一侧绘制出轮廓草图，然后单击“旋转凸台/基体”按钮，并选择轮廓草图，设置中心线为旋转轴，再设置截面绕中心线旋转的角度（0°~360°），由此得到旋转特征，如图 3-27 所示。

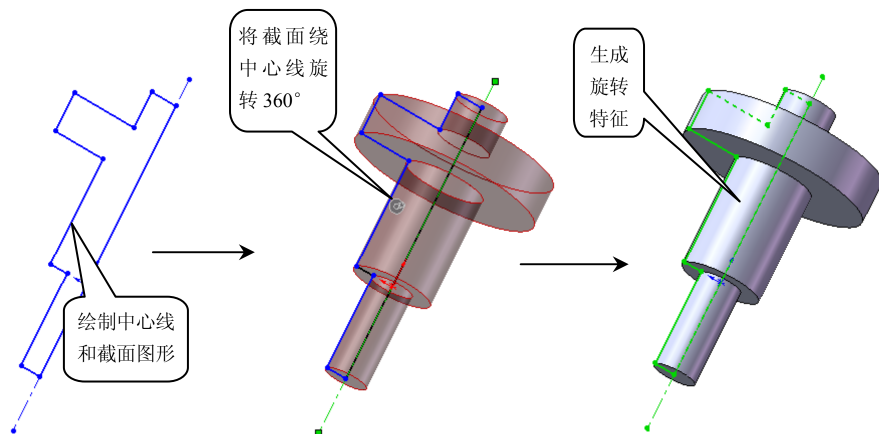


图 3-27 “旋转凸台/基体”的操作过程

旋转特征的轮廓草图可以是开环也可以是闭环，当是开环时，只能生成薄壁旋转特征，如图 3-28 所示。注意轮廓草图不能与旋转中心线交叉。

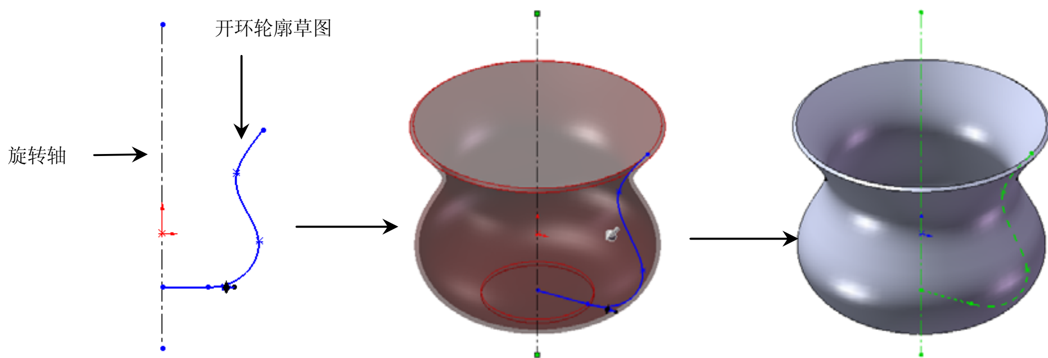


图 3-28 薄壁旋转特征的生成过程

3.2.2 “旋转凸台/基体”的参数设置

通过“旋转凸台/基体”的属性管理器，如图 3-29 左图所示，可设置旋转轴、旋转方向、旋转角度和设置薄壁特征等参数。旋转轴可为中心线、直线或边线，通过设置旋转角度（角度以顺时针从所选草图测量）可以生成部分旋转体，如图 3-29 右图所示。

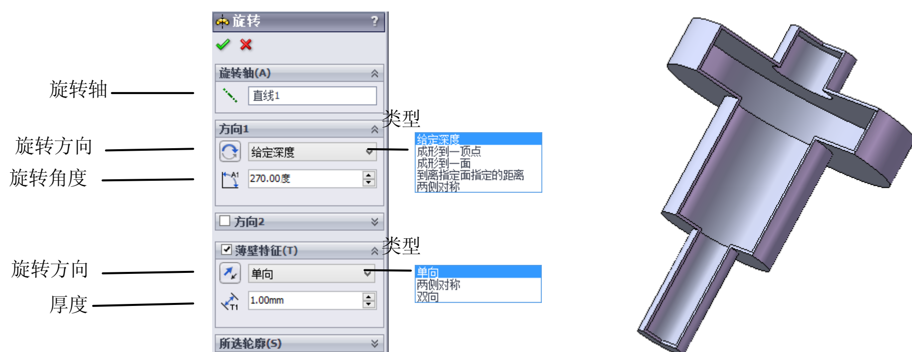


图 3-29 “旋转”特征属性管理器和薄壁角度旋转效果



旋转特征的草绘图形可以包含多个相交轮廓线，如图 3-30 所示。此时，可在“所选轮廓”卷展栏中，选择需要使用的一个或多个交叉或非交叉轮廓线来生成旋转特征。

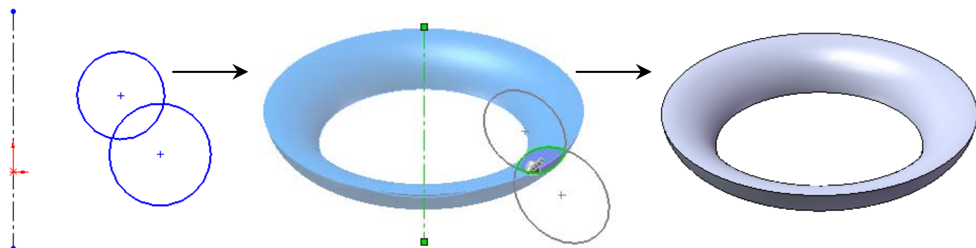


图 3-30 选择草图中的部分轮廓线生成旋转特征

3.2.3 “旋转切除”特征

“旋转切除”特征是通过旋转草绘图形，从而在原有模型上去除材料的特征。“旋转切除”特征与“旋转凸台/基体”特征的操作方法基本一致，如图 3-31 所示，单击“旋转切除”按钮后，选择进行旋转切除的草绘图形，并设置旋转轴，草绘图形旋转经过的区域将被切除。

“旋转切除”特征的参数设置，可参考“旋转凸台/基体”特征。

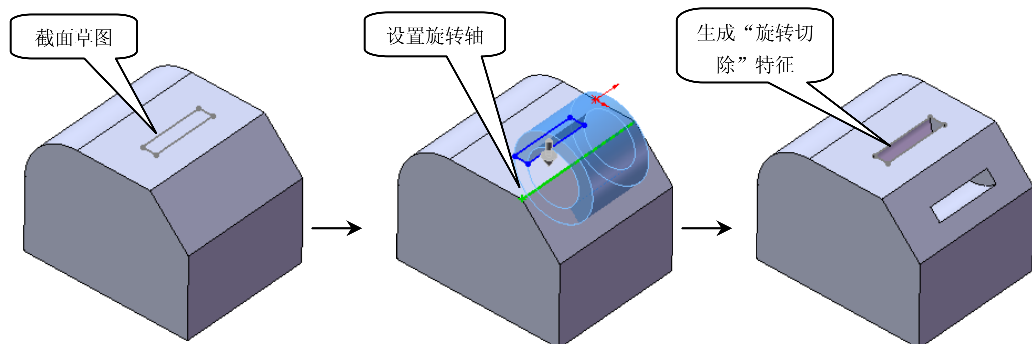


图 3-31 旋转切除特征的操作过程

实例精讲——“活塞”设计

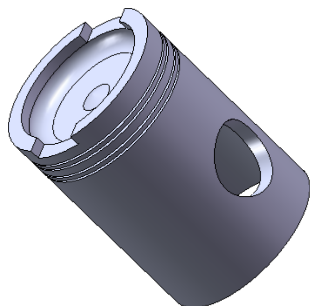


图 3-32 “活塞”模型

下面通过创建一个“活塞”模型来全面熟悉一下建立旋转特征的方法，实例最终效果如图 3-32 所示。

【制作分析】

该“活塞”模型的创建过程如图 3-33 所示，由图可知，本模型在创建过程中主要用到“旋转凸台/基体”操作、“拉伸切除”操作和“旋转切除”操作。

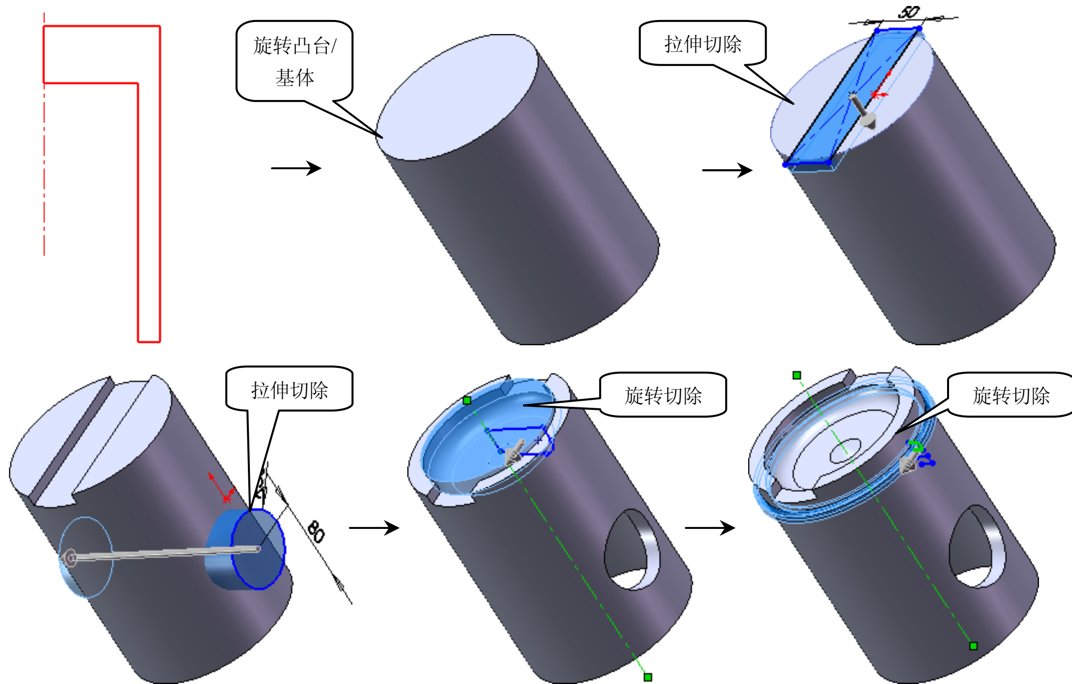


图 3-33 “活塞”模型的创建过程

【制作步骤】

STEP 1 新建一个“零件”文件，然后在前视基准面中绘制如图 3-34 左图所示的截面草图，单击“旋转凸台/基体”按钮，并选择轮廓草图，保持系统默认设置，单击“确定”按钮，完成活塞主体绘制，效果如图 3-34 右图所示。

STEP 2 进入“活塞”顶面的草绘模式，并绘制一如图 3-35 左图所示的矩形，单击“拉伸切除”按钮，设置拉伸深度为 10，进行拉伸切除，效果如图 3-35 右图所示。

STEP 3 选择“右视基准面”，选择“参入”>“参考几何体”>“基准面”菜单，创建一距离“左视基准面”80 的基准面，如图 3-36 所示。

STEP 4 进入新创建基准面的草绘模式，并绘制一如图 3-37 左图所示的图形，单击“拉伸切除”按钮，设置拉伸深度为 200（如拉伸方向相反，可单击“反转”按钮反转拉伸

方向），单击“确定”按钮✓，拉伸切除出“活塞”的通气孔。

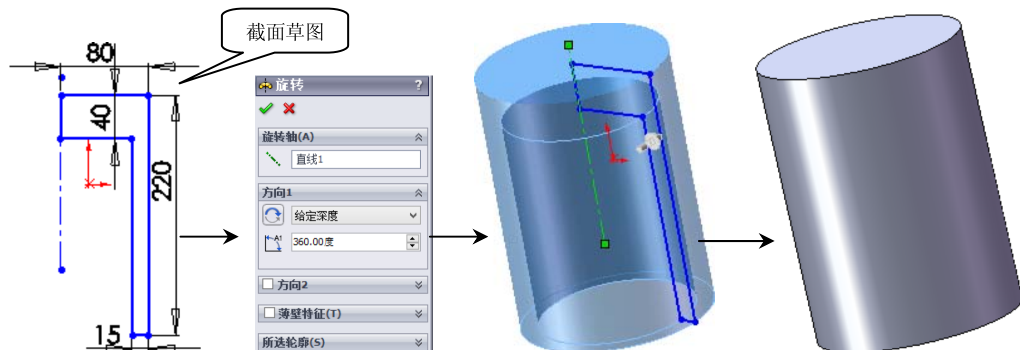


图 3-34　绘制“活塞”主体

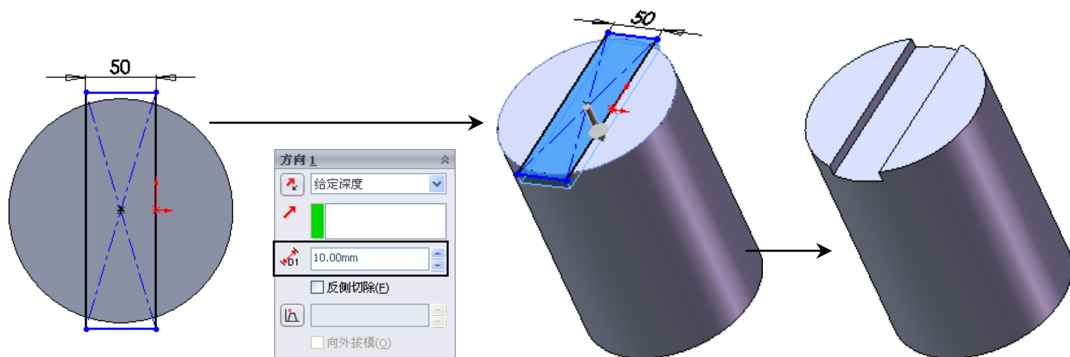


图 3-35　切出“活塞”上部沟槽

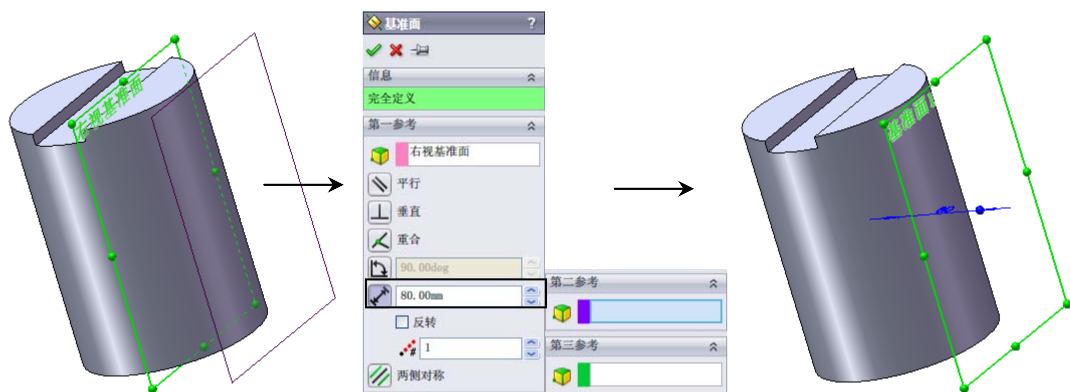


图 3-36　创建基准面

STEP 5 进入“前视基准面”的草绘模式，绘制一如图 3-38 左图所示的图形，再使用“旋转凸台/基体”工具，旋转切除出“活塞”的顶面，如图 3-38 中图和右图所示。

STEP 6 再次进入“前视基准面”的草绘模式，并绘制一如图 3-39 左图所示的图形，单击“旋转切除”按钮，并在其属性管理器中选中“所选轮廓”卷展栏，如图 3-39 左图和

中图所示，再选择轮廓线上部的草绘图形，设置薄壁厚度为 2，进行旋转薄壁切除，效果如图 3-39 右图所示。

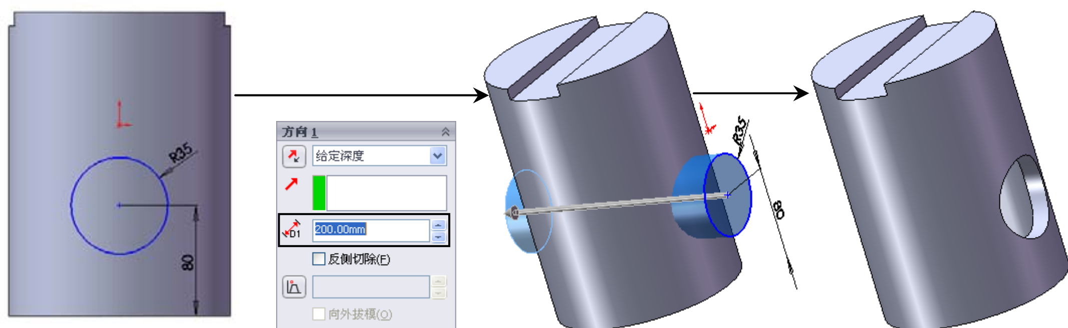


图 3-37 拉伸切除出“活塞”的通气孔

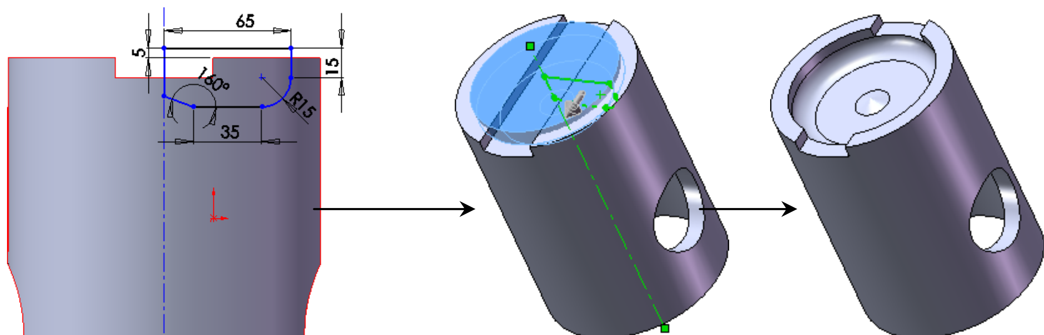


图 3-38 旋转切除出“活塞”的顶面

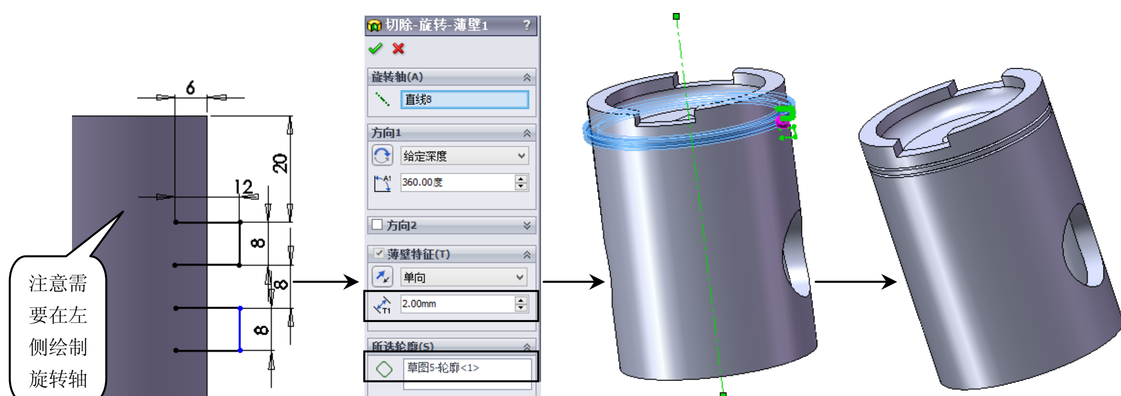


图 3-39 旋转切除出“活塞”的弹簧沟

STEP 7 单击“模型”树中最后一个特征的草绘图形，如图 3-40 左图所示，在弹出的工具栏中单击“显示”按钮，令此草绘图形可见，再通过与步骤 6 中相同的旋转切除操作，选择草绘图形下部的轮廓线进行旋转薄壁切除，完成“活塞”的绘制，效果如图 3-40 右图所示。

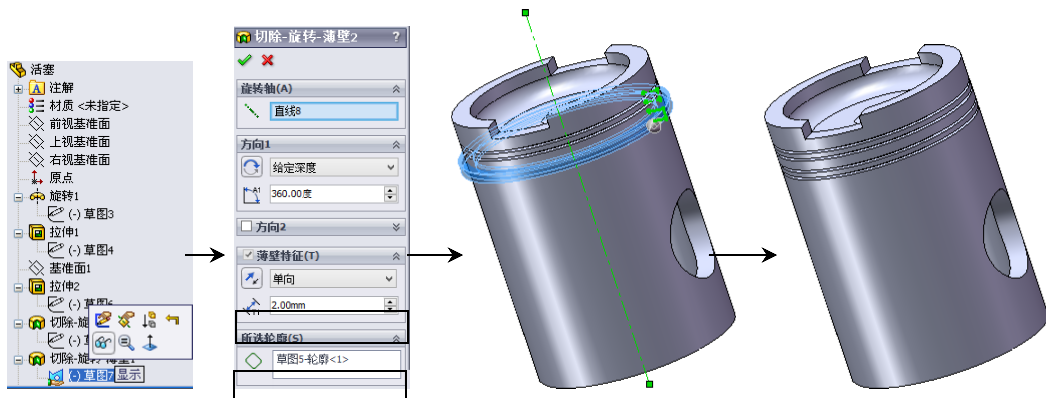


图 3-40　旋转切除出“活塞”的另外一条弹簧沟

3.3　扫描特征

扫描特征是指草图轮廓沿一条路径移动获得的特征，在扫描过程中用户可设置一条或多条引导线，最终可生成实体或薄壁特征。

扫描特征主要包括“简单扫描”“引导线扫描”和“扫描切除”三个特征，如图 3-41、图 3-42 和图 3-43 所示，下面将分小节讲述其创建方法，并讲述“扫描”特征参数设置的意义。

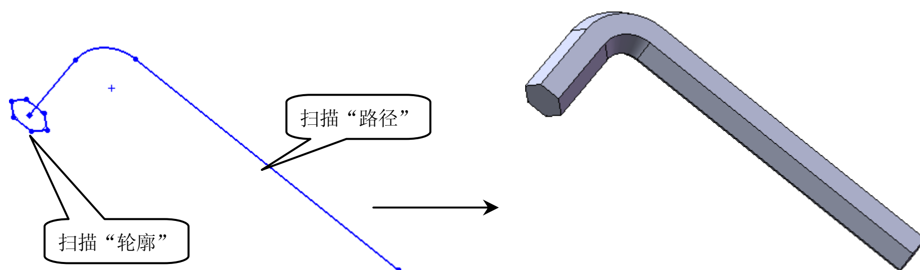


图 3-41　简单扫描特征

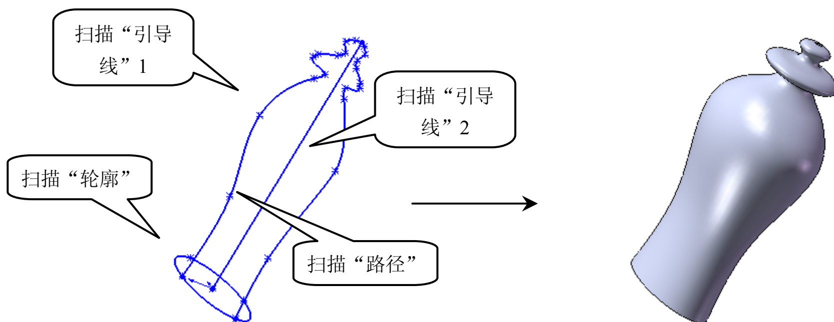


图 3-42　引导线扫描特征

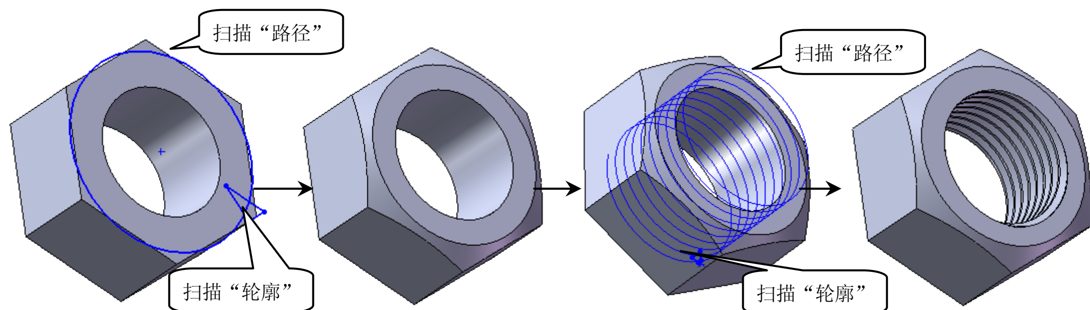


图 3-43 “扫描切除”特征

3.3.1 简单“扫描”特征的操作过程

如图 3-41 所示，仅仅由扫描轮廓线和扫描路径构成的扫描特征被称为简单扫描特征，即令扫描轮廓沿扫描路径运动形成扫描特征，此种扫描特征的特点是每一个与路径垂直的截面尺寸都不发生变化。

下面看一个实例，讲一下扫描出图 3-41 所示“内六角扳手”模型所需进行的操作，具体如下。

STEP 1 在“前视基准面”中绘制出如图 3-44 所示的草绘图形，标注相应的尺寸并添加约束，作为扫描的“轮廓”曲线。

STEP 2 选择“插入”>“参考几何体”>“基准面”菜单，弹出“基准面 1”属性对话框，如图 3-45 左图所示，“第一参考”选择轮廓曲线的一个端点，“第二参考”选择“步骤 1”中绘制的轮廓曲线，单击“确定”按钮，创建一基准平面。

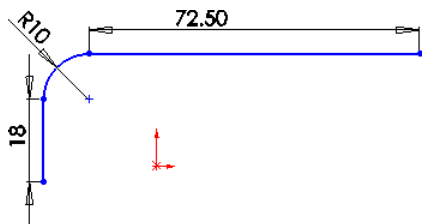


图 3-44 绘制扫描路径草图

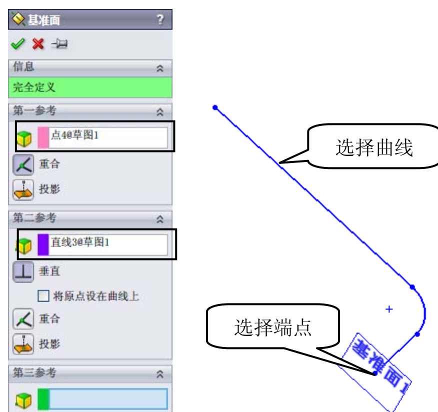


图 3-45 创建基准平面

STEP 3 如图 3-46 所示，进入新创建的基准面的草绘模式，并绘制一中心经过扫描“路径”端点的正六边形，正六边形内切圆的半径为 4.5。

STEP 4 单击特征工具栏中的“扫描”按钮（或选择“插入”>“凸台/基体”>“扫描”菜单），顺序选择“轮廓”和“路径”曲线，并单击“确定”按钮，即可完成“内六角扳手”模型的绘制，如图 3-47 所示。



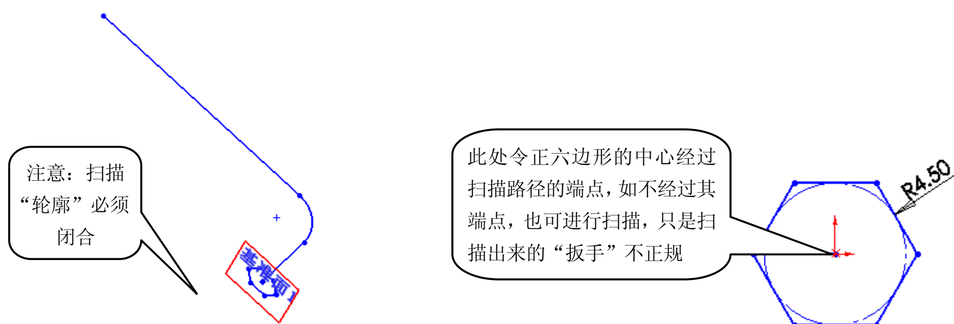


图 3-46　绘制“六边形”

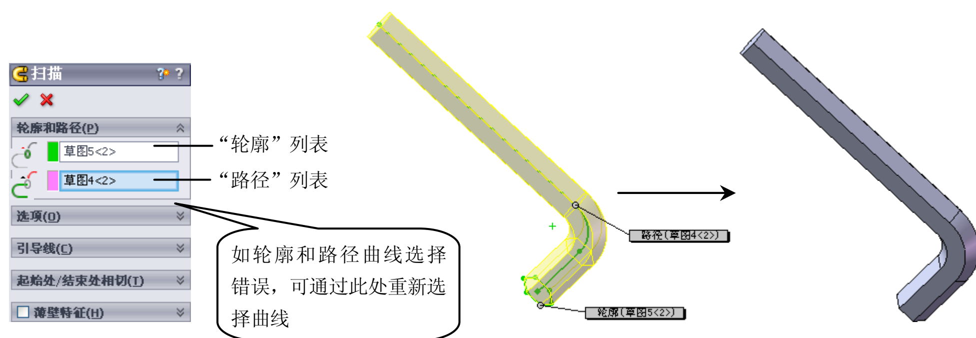


图 3-47　“扫描”属性卷展栏和创建的“内六角扳手”模型

3.3.2 引导线“扫描”特征的操作过程

在扫描过程中草图的截面形状有变化时，可以使用“引导线”来控制扫描过程中间轮廓的形状，这种扫描称为变截面扫描，又称为引导线扫描。下面以扫描出一个化妆品瓶实体为例，讲述引导线扫描的操作过程，如图 3-42 所示。

STEP 1 在“前视基准面”中绘制如图 3-48 所示的草绘图形（注意此处无需添加尺寸和约束），作为扫描的“轮廓”曲线。

STEP 2 在“上视基准面”中绘制如图 3-49 所示的草绘图形，并添加相应的尺寸和约束，其中垂直直线作为扫描“路径”，样条曲线作为第一条“引导线”。

STEP 3 在“右视基准面”中绘制一如图 3-50 所示的草绘图形，并添加相应的尺寸和约束，作为第二条“引导线”。

STEP 4 如图 3-51 所示，单击特征工具栏中的“扫描”按钮，打开“扫描”属性管理器，首先选择底面椭圆作为扫描“轮廓”，然后右击属性管理器的“路径”列表区域，在弹出的快捷菜单中，选择“SelectionManager”菜单项，弹出选择方式对话框，单击“选择组”按钮，然后选择中间的竖线作为扫描“引导线”，并单击“确定”按钮。

STEP 5 如图 3-51 所示，打开“引导线”卷展栏，使用与步骤 4 相同的操作分别选择两条样条曲线作为引导线，最后单击“确定”按钮，即可完成化妆品瓶的绘制。

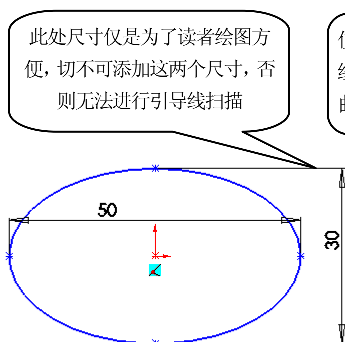


图 3-48 绘制轮廓曲线

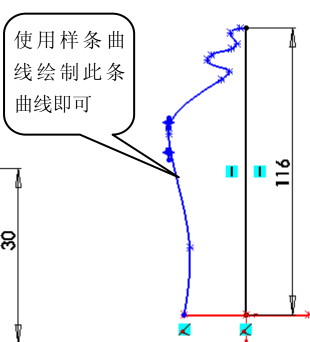


图 3-49 绘制路径曲线和第一引导线

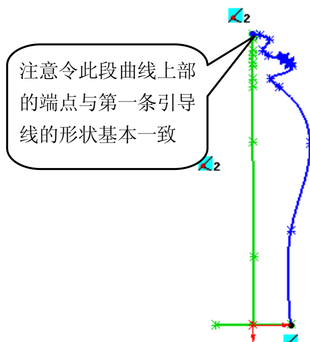
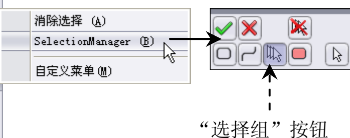


图 3-50 绘制第二引导线





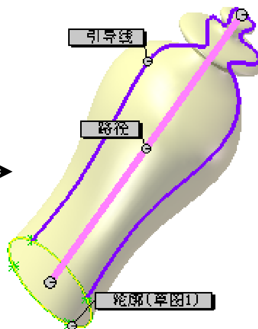


图 3-51 选择“扫描路径”



在进行“引导线”扫描时应注意：引导线必须和扫描轮廓相交于一点，并作为引导线的一个顶点，所以最好在引导线和截面线间添加相交处的穿透关系。

3.3.3 “扫描”特征的参数设置

通过“扫描”特征的属性管理器（图 3-52），可设置扫描“路径”、扫描“轮廓”和“引导线”，并可设置扫描轮廓的旋转方向，路径对齐方式，以及扫描面与扫描轮廓面的相切方式等，具体如下。

1．“轮廓和路径”卷展栏

该卷展栏用于选择扫描“轮廓”和扫描“路径”，右击右侧列表可通过弹出的快捷菜单删除所选择的曲线，或选择“SelectionManager”菜单项，在打开的对话框中设置选择曲线的方式，单击“选择组”按钮，可选择草图中的某条曲线作为“轮廓”或“路径”曲线。

2．“选项”卷展栏

“方向/扭转控制”下拉列表用于设置“截面”图形在扫描过程中的方向和扭转方式，具体如下：

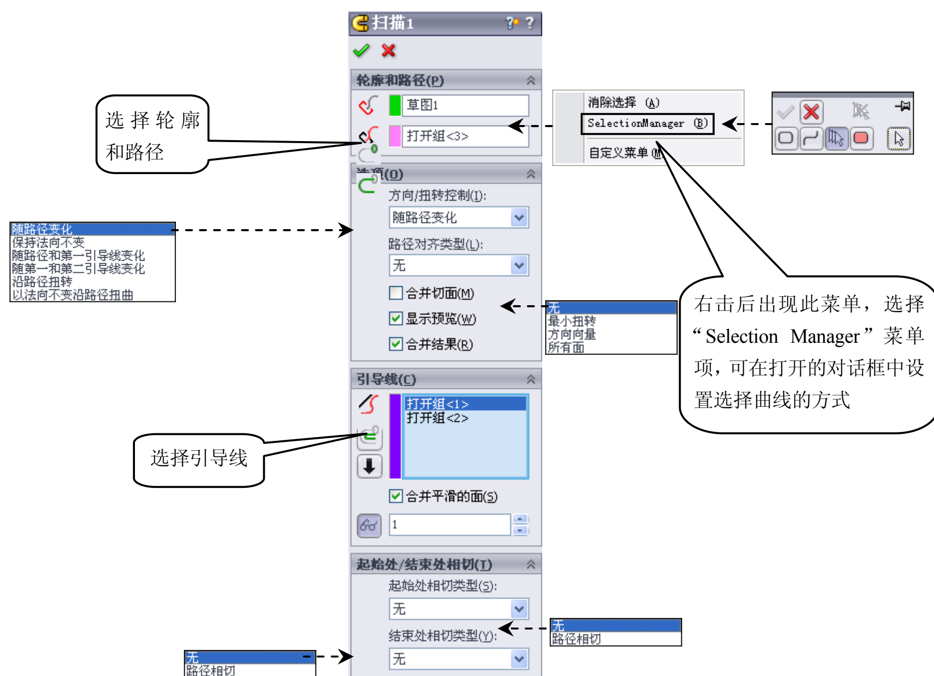


图 3-52 “扫描”属性管理器

➢ 随路径变化：选择此列表项，表示使截面与路径的角度始终保持不变，如图 3-53 左图所示。
➢ 保持法向不变：选择此列表项，表示使截面总是与起始截面保持平行，如图 3-53 右图所示。

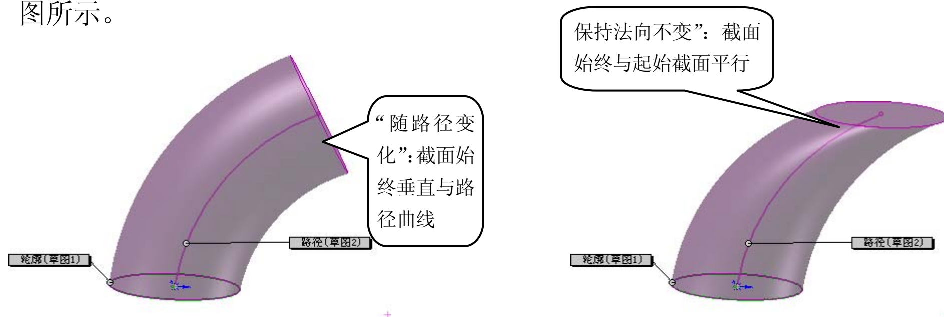


图 3-53 “随路径变化”和“保持法向不变”列表项的作用

➢ 随路径和第一引导线变化：选择此列表项，表示中间截面的扭转角度由路径到第一条引导线的向量决定，如图 3-54 所示。
➢ 随第一和第二引导线变化：选择此列表项，表示中间截面的扭转方向由第一条到第二条引导线的向量决定，如图 3-55 所示。
➢ 沿路径扭转：选择此列表项，表示沿路径扭转截面，可设置截面扭转的角度和方向，如图 3-56 左图和中图所示。

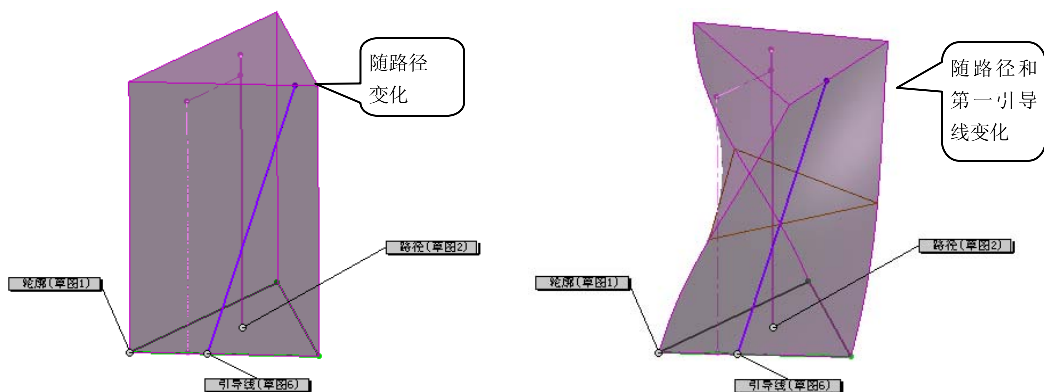


图 3-54 “随路径变化”和“随路径和第一引导线变化”列表项的作用

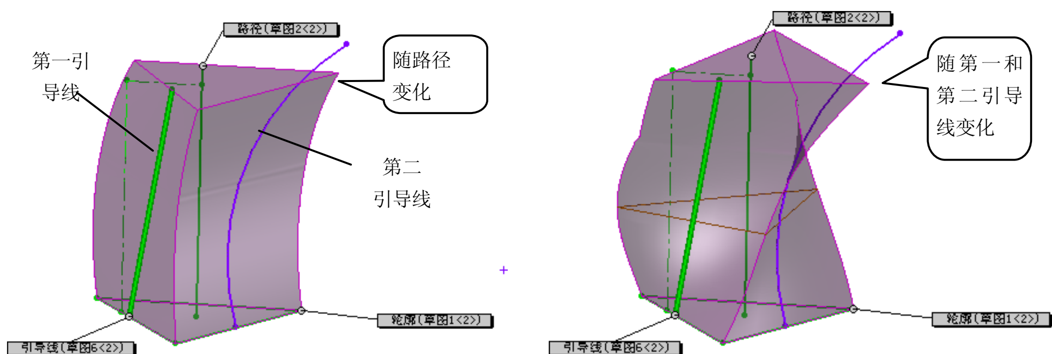


图 3-55 “随路径变化”和“随第一和第二引导线变化”列表项的作用

➢ 以法向不变沿路径扭曲：选择此列表项，表示令截面保持与开始截面平行，并沿路径扭曲截面，如图 3-56 右图所示。

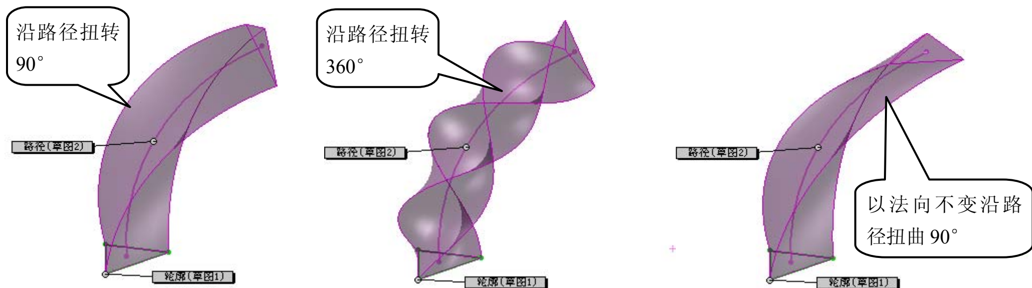


图 3-56 “沿路径扭转”和“以法向不变沿路径扭曲”列表项的作用

“路径对齐类型”下拉列表在使用“扫描曲面”命令扫描曲面时，具有较明显的作用。当路径曲率波动而使轮廓不能对齐时，用于令轮廓稳定（此处不做过多讲解）。此卷展栏中最后几个复选框的作用为：

➢ 合并切面：如果扫描轮廓具有相切线段，选中此复选框可使所产生的相应扫描曲面相切。

- 显示预览：选中此复选框，用于在设置扫描曲线时预览扫描效果。
- 合并结果：当扫描体与其他实体相交时，在扫描后与相交实体合并成一个实体。
- 与结束端面对齐：选中此复选框，可令扫描轮廓延伸或缩短，以与扫描端点处的面相匹配。此选项在进行扫描切除时，效果较明显，如图 3-57 所示。

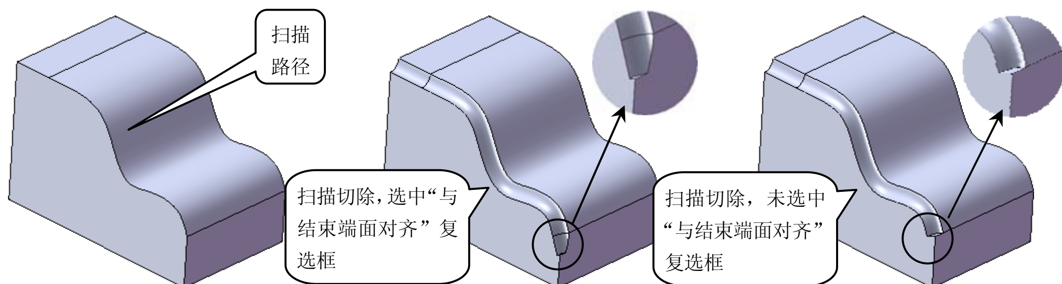


图 3-57 “与结束端面对齐”复选框的作用

3．“引导线”卷展栏

此卷展栏用于选择和设置引导线，可选择多条引导线。选中“合并平滑的面”按钮可在引导曲线曲率不连续时，对自动生成的曲面进行平滑处理，如图 3-58 所示。单击“显示截面”单选按钮，可显示扫描截面在某个位置处的截面形状，如图 3-58 右图所示。

4．“起始处/结束处相切”卷展栏

此卷展栏用于设置不相切或设置垂直于开始点路径而生成扫描。

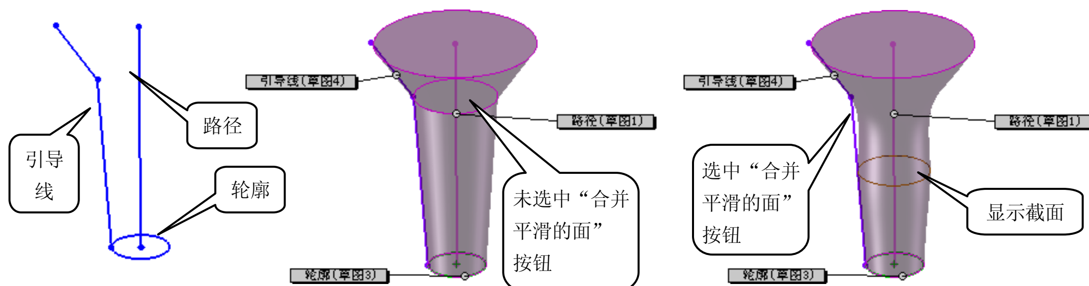


图 3-58 “与结束端面对齐”复选框的作用

另外，还可进行薄壁扫描，此时将出现“薄壁特征”卷展栏，此卷展栏中各选项的作用与前面介绍的“旋转”特征相同，所以此处不再重复叙述。

3.3.4 “扫描切除”特征

“扫描切除”特征与“扫描”特征的机理相同，只不过“扫描切除”特征是在轮廓运动的过程中切除轮廓所形成的实体部分。

单击特征工具栏中的“扫描切除”按钮或选择“插入”>“切除”>“扫描”菜单，将打开“切除-扫描”属性管理器，如图 3-59 左图所示，我们可以选择使用“实体”或使用“轮廓”曲线进行切除扫描，其效果如图 3-59 中图和右图所示。

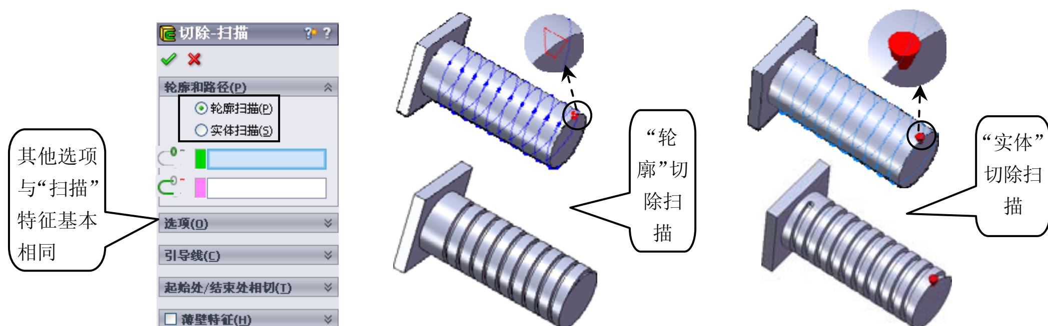


图 3-59 "切除-扫描"属性管理器和"轮廓"/"实体"扫描的区别

实例精讲——使用"几何关系"控制扫描

下面讲一个使用"几何关系"控制扫描过程的例子，以加深对"扫描"特征的理解。

【制作分析】

本实例所使用的草图曲线如图 3-60 左图所示，所绘制的实体如图 3-60 右图所示，共使用了一条轮廓曲线、一条路径曲线和一条引导线。本实例的关键是本来引导线并没有高度控制，但是通过使用"几何关系"结合引导线控制了扫描截面的高度，详见下面操作。

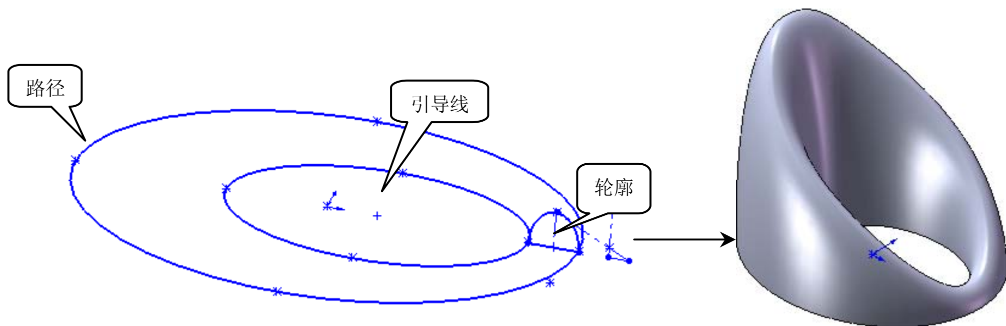


图 3-60 "几何关系"扫描的轮廓曲线和扫描实体

【制作步骤】

STEP 1 进入"前视基准面"的草绘模式，创建两个如图 3-61 所示的椭圆，并添加相应的尺寸，分别作为扫描路径和扫描引导线。

STEP 2 在"上视基准面"中，绘制一个经过扫描路径和扫描引导线最窄处端点的半椭圆，并绘制一条直线将椭圆封闭，再添加如图 3-62 所示的几条中心线，标注相应的尺寸，并添加约束（令椭圆下端的直线与竖直线相等）。

STEP 3 单击"特征"工具栏中的"扫描"按钮，打开其属性管理器，如图 3-63 左图所示，使用"选择组"方式选择具有几何约束的截面图形作为扫描轮廓，选择大椭圆为扫描路径，选择小椭圆为引导线，完成"扫描"特征的绘制，如图 3-63 右图所示。



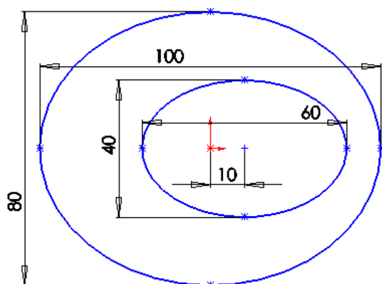


图 3-61　绘制路径曲线和路径曲线

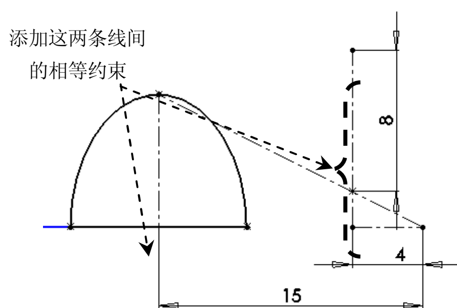


图 3-62　绘制几何控制的轮廓曲线



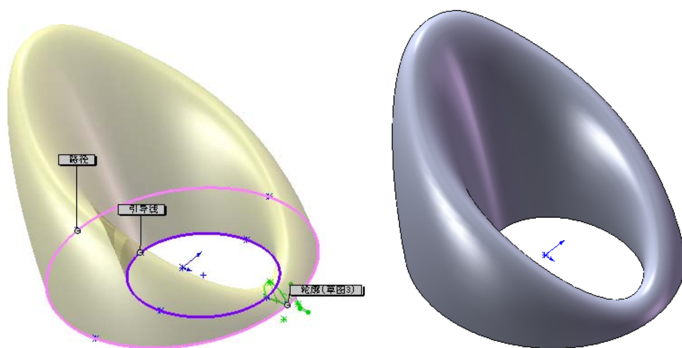


图 3-63　创建“扫描”特征

3.4　放样特征

三维模型的形状是多变的，扫描特征解决了截面方向可以变化的难题，但不能让截面形状和尺寸也随之发生变化，这时需要用放样特征来解决这个问题。

放样特征可以将两个或两个以上的不同截面进行连接，是一种相对比较复杂的实体特征，如图 3-64 所示。

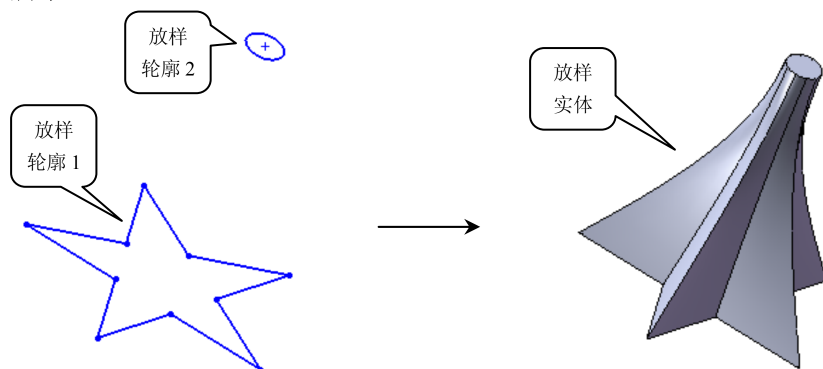


图 3-64　简单放样特征

放样特征包括简单放样特征（仅使用放样轮廓得到的放样特征，如图 3-64 所示）和引导

线放样特征（使用轮廓线和引导线共同控制的放样特征，如图 3-65 所示），下面分别讲述其创建方法。

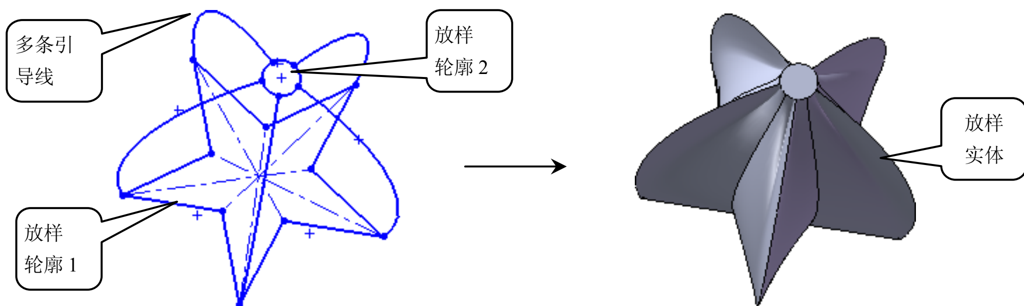


图 3-65　引导线放样特征

3.4.1 简单“放样”特征

简单放样是直接在两个或多个轮廓间进行的放样特征，下面介绍创建如图 3-64 所示简单放样特征的操作。

STEP 1 在前视基准面中绘制一五角星（可首先绘制一个 5 条边的多边形，再绘制中间的连线，然后切除无用的线即可），如图 3-66 所示，作为“放样”特征的一个轮廓。

STEP 2 选择“插入”>“参考几何体”>“基准面”菜单，弹出“基准面”属性管理器，如图 3-67 左图所示，以“前视基准面”为参考，创建一离前视基准面为 70 的新的基准面，如图 3-67 右图所示。

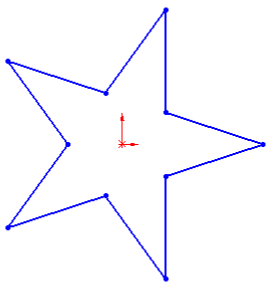


图 3-66　创建“五角星”



图 3-67　创建一个新的基准面

STEP 3 在新创建的基准面中，绘制一小于五角星的圆，如图 3-68 所示，作为“放样”特征的另外一个轮廓。

STEP 4 单击“特征”工具栏中的“放样凸台/基体”按钮（或选择“插入”>“凸台/基体”>“放样”菜单），打开“放样”属性管理器，如图 3-69 左图所示，在操作区中依次选择“五角星”和“圆”，然后打开“放样”属性管理器的“开始/结束约束”卷展栏，在“结束约束”下拉列表中选择“垂直于轮廓”项，令结束位置处的放样面与放样轮廓面垂直相切，

如图 3-69 右图所示，单击“确定”按钮✔完成放样操作。

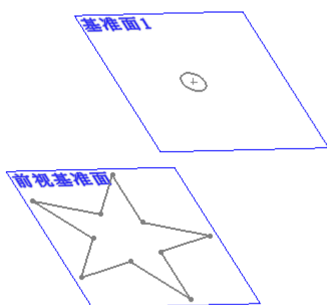
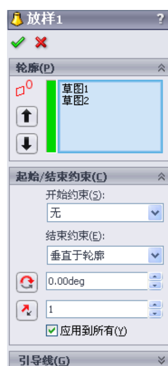


图 3-68　绘制“圆”



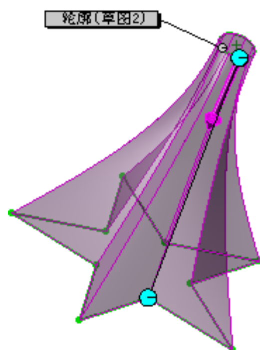


图 3-69　简单放样操作

3.4.2 引导线“放样”特征

引导线在放样过程中控制截面草图的变化，从而达到控制放样实体模型的目的，下面讲述对上一节中创建的简单放样特征添加引导线的操作。

STEP 1 直接编辑上一节中所创建放样特征的草绘截面（在模型树中令两个草绘截面都显示出来），如图 3-70 所示，添加几条中心线。

STEP 2 选择“插入”>“参考几何体”>“基准面”菜单，以“通过线/点”方式，创建 5 个经过新建“中心线”和顶端“圆”的圆心的基准面。

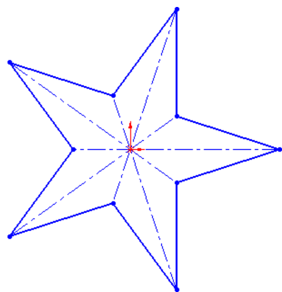


图 3-70　添加辅助绘图线

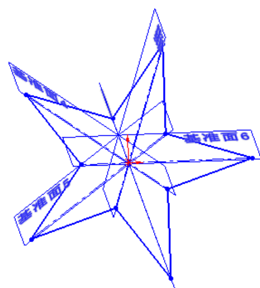


图 3-71　创建几个基准面

STEP 3 在新创建的基准面中，分别创建经过上端“圆”和下端“五角星”顶点的圆弧（并添加相应的约束），如图 3-72 所示。



> 采用引导线放样时，引导线草图节点和轮廓节点之间必须建立“重合”几何关系或“穿透”几何关系，否则无法进行引导放样。

STEP 4 右击“特征树”中上一节中创建的“放样”特征，在弹出的对话框中单击“编辑特征”按钮，打开“放样”属性管理器，如图 3-73 左图所示，打开“引导线”卷展栏，分别选中刚创建的 5 条引导线，如图 3-73 中图所示，单击“确定”按钮✔完成放样操作，如

图 3-73 右图所示。

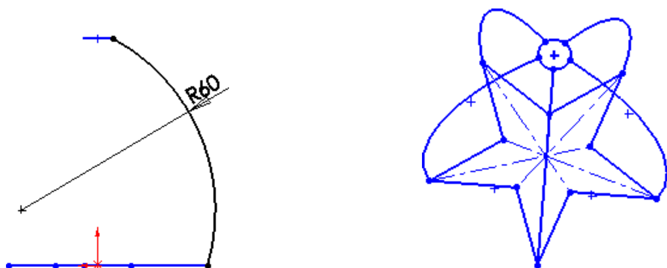


图 3-72 创建引导线

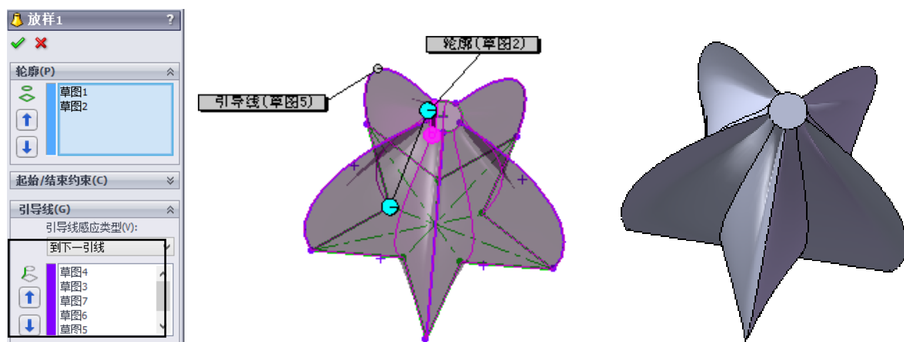


图 3-73 添加引导线



“放样”和“扫描”的区别：放样没有路径的概念，在创建放样特征时，只要有轮廓线即可，而引导线则可有可无；另外，在放样时，必须有两个以上的放样轮廓，如要创建实体，则放样轮廓必须是封闭的。

3.4.3 “放样”特征的参数设置

“放样”特征的属性管理器与“扫描”特征有很多相似之处，比如都具有“轮廓和路径卷展栏”“引导线”卷展栏等，而且其功能基本相同，所以下面仅讲述一下其与扫描特征不同的属性，具体如下。

1. “起始/结束约束”卷展栏

此卷展栏（图 3-74）用于设置产生的放样面与轮廓面间的关系，例如可设置开始端“垂直于轮廓”方式，即设置开始的放样面垂直于开始轮廓面，如图 3-75 所示。



图 3-74 “起始/结束约束”卷展栏

而且可精切设置“拔模角度”和“相切长度”，取消选择“应用到所有”复选框，可单独设置构成轮廓线的每条线段的“拔模角度”和“相切长度”。

在“开始约束”下拉列表中也可以选择“方向向量”选项，用于设置开始的放样面与某



个参照方向相切。

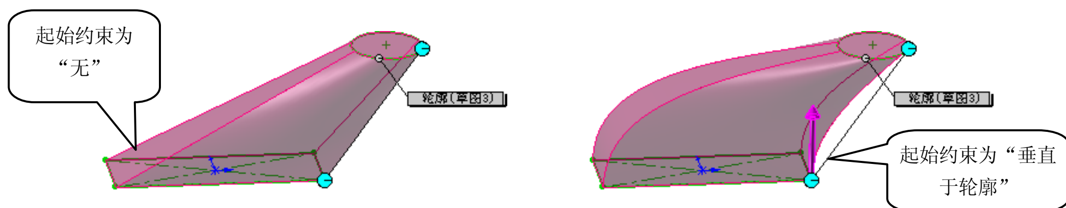


图 3-75　设置“起始/结束约束”的作用

2．“引导线”卷展栏

“拉伸”特征的“引导线”卷展栏与“扫描”特征相比，增加了设置引导线影响范围的“引导线感应类型”下拉列表（其作用如图 3-76 所示），另外还可设置拉伸面与引导线的相切类型。

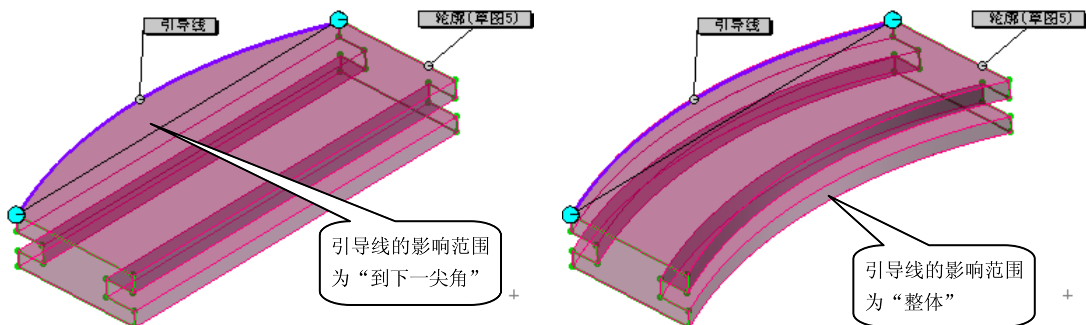


图 3-76　设置“引导线感应类型”的作用

3．“中心线”卷展栏

由于“放样”操作本身就是使用几个截面图形绘制的特征，所以在放样“轮廓”图形之间通常由系统自动填充，填充部分截面的方向与引导线无关，如图 3-77 左图所示。

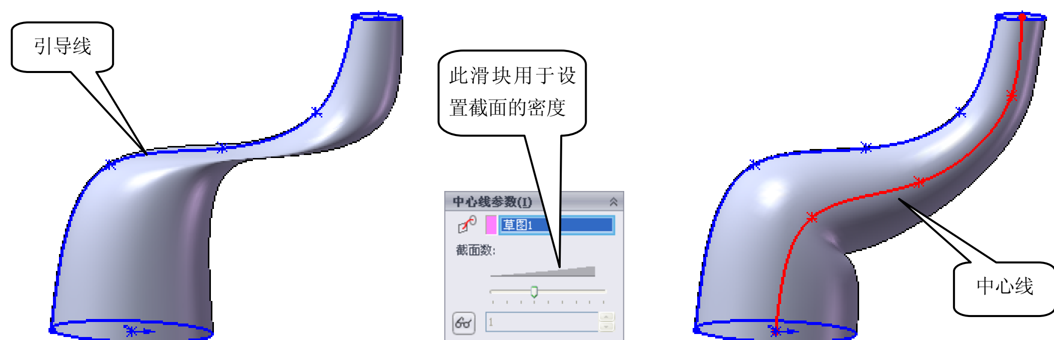


图 3-77　中心线的作用

为了控制“放样”操作扫描截面的方向，在“放样”特征中引入了“中心线”（增加了一个“中心线参数”卷展栏，如图 3-77 中图所示），令所有中间截面的草图基准面都与“中心线”垂直，如图 3-77 右图所示，从而可以更有效地进行放样操作。

中心线可与引导线共存。

4. “草图工具”卷展栏

使用“草图工具”卷展栏，可以在编辑“放样”特征时，对 3D 草绘图形进行编辑操作，如图 3-78 所示。

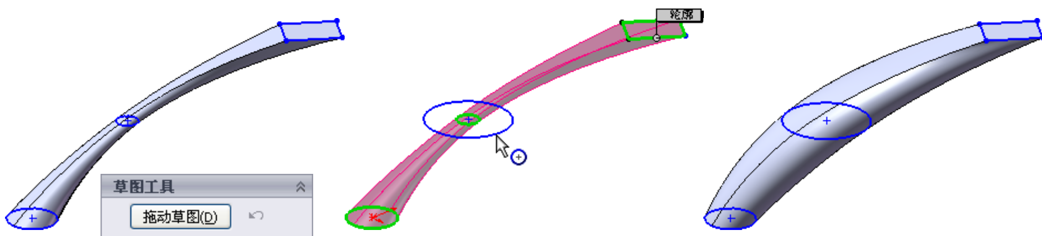


图 3-78 “草图工具”卷展栏的作用

实例精讲——“挂钩”设计

“放样”特征在创建具有多个横截面的不规则模型时非常好用，下面讲述使用“放样”特征制作“挂钩”的操作，其最终效果如图 3-79 所示。

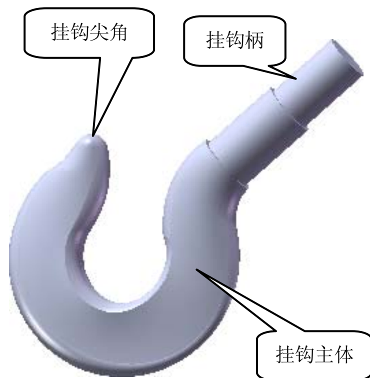


图 3-79 挂钩模型

【制作分析】

可将“挂钩”模型拆为几个几何体：挂钩柄、挂钩体和挂钩尖角。“挂钩柄”可通过“拉伸”操作创建，“挂钩主体”通过“放样”操作创建，“挂钩夹角”通过“圆顶”操作创建。

本实例的难点是创建“挂钩体”放样引导线和轮廓的操作，应注意辅助中心线的使用。

【制作步骤】

STEP 1 首先创建“挂钩体”，在“前视基准面”中，以草绘中心为中心绘制如图 3-80 所示的草绘模型，并添加相应的尺寸，作为“挂钩体”的一条引导线。

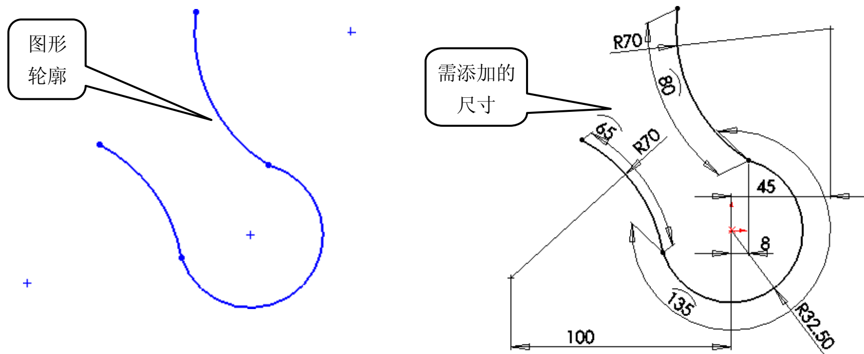


图 3-80 绘制“挂钩”的一条引导线

STEP 2 再在“前视基准面”中，以草绘中心为中心绘制如图 3-81 所示的草绘模型，并添加相应的尺寸和约束（注意给最上面的两个点添加“平行”约束），作为“挂钩体”的另外一条引导线。

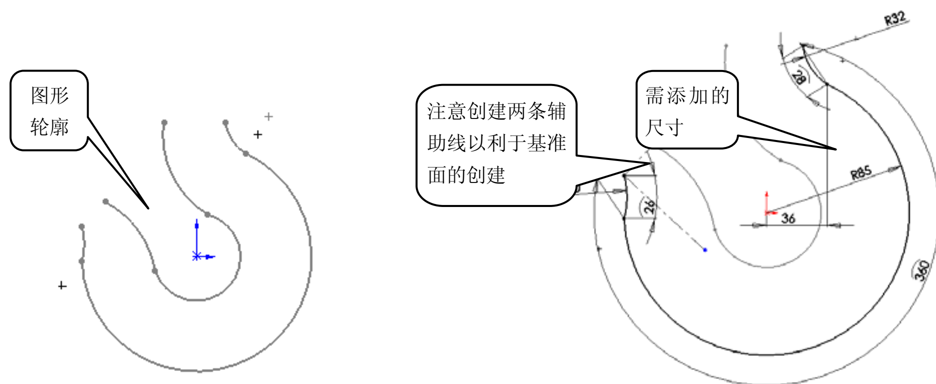


图 3-81　绘制“挂钩”的另一条引导线

STEP 3 选择“插入”>“参考几何体”>“基准面”菜单，以“点和平行面”方式创建通过上视基准面和最上边一个点的基准面，再以“垂直于曲线”方式，以步骤 2 中创建的中心线为参照创建另外一个基准面，如图 3-82 所示。

STEP 4 在新创建的两个基准面中，分别以两条引导线的中点为圆心，创建通过两条引导线的“圆”，作为“挂钩体”两端的放样“轮廓”线，如图 3-83 所示。

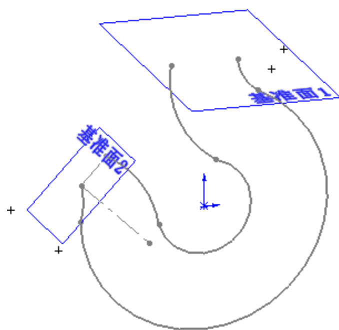


图 3-82　新创建的两个基准面

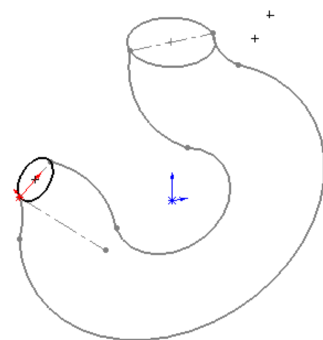


图 3-83　基准面上的草绘图形

STEP 5 在“上视基准面”中创建如图 3-84 上图所示的与两条引导线相交的草绘图形，并添加相应的尺寸和约束，作为此处的挂钩体“轮廓”线，再在“右视基准面”中创建如图 3-84 左下图所示同样要求的草绘图形，作为“轮廓”线，效果如图 3-84 右下图所示。

STEP 6 单击“特征”工具栏中的“放样凸台/基体”按钮，顺序选择轮廓曲线，再选择引导线，单击“确定”按钮完成“挂钩主体”的创建，如图 3-85 所示。

STEP 7 选择“插入”>“特征”>“圆顶”菜单，弹出“圆顶”属性管理器，如图 3-86 左图所示，保持系统默认，单击挂钩的顶角面，如图 3-86 中图所示，单击“确定”按钮完成挂钩顶角的创建，再使用拉伸操作创建“挂钩柄”即可，如图 3-86 右图所示。

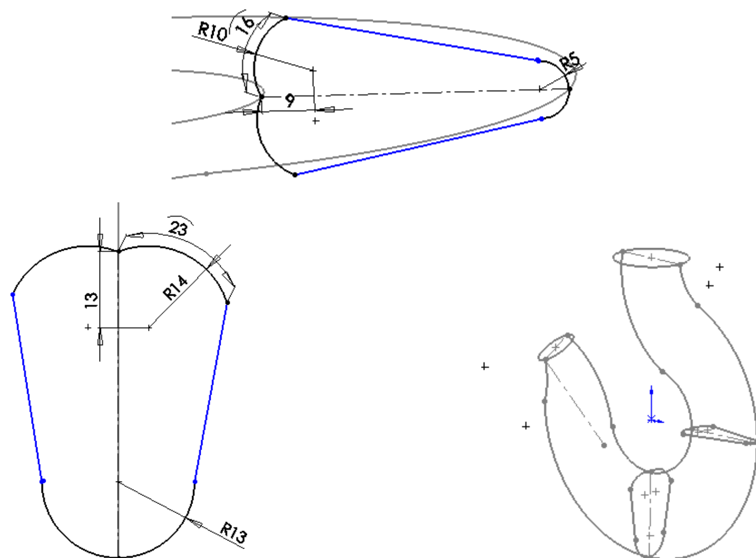


图 3-84　创建“挂钩主体”中间的两个“轮廓”线

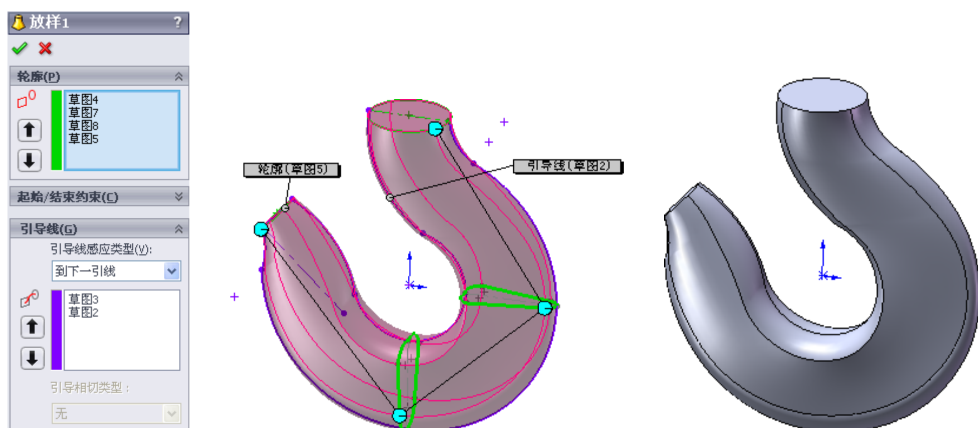


图 3-85　放样创建“挂钩体”

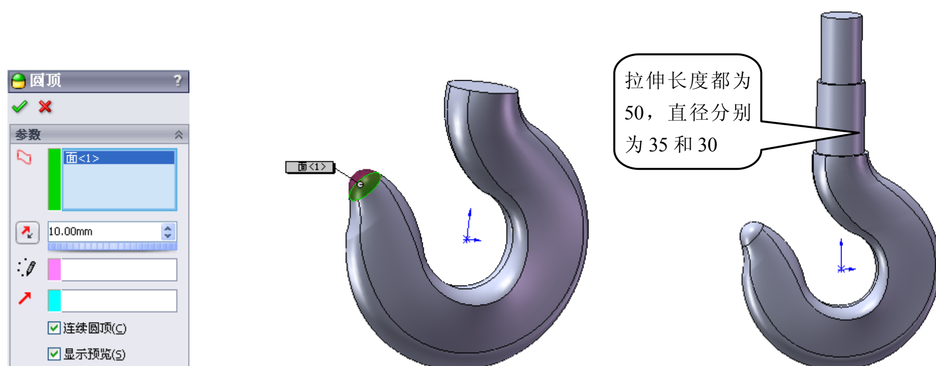


图 3-86　创建“挂钩夹角”和“挂钩柄”

3.5 筋特征

筋特征是用来增加零件强度的结构，它是由开环的草图轮廓生成的特殊类型的拉伸特征，可以在轮廓与现有零件之间添加指定方向和厚度的材料，如图 3-87 所示。

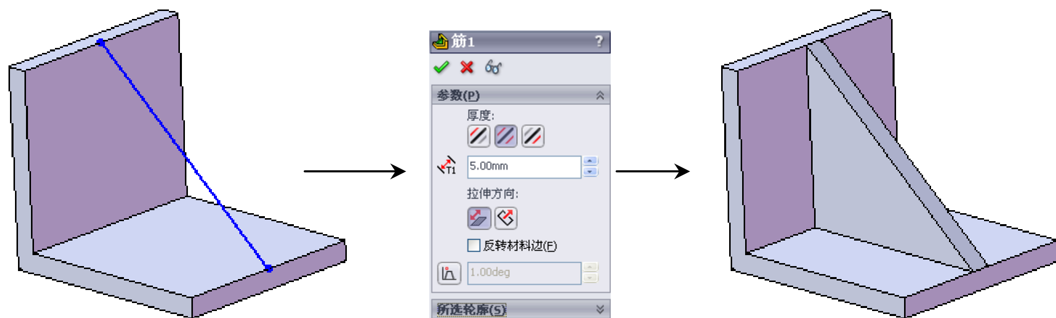
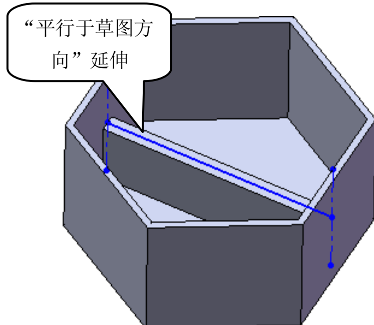


图 3-87 筋特征的创佳过程

单击“特征”工具栏中的“筋”按钮，选择绘制好的筋特征横断面曲线（或选择一个面绘制筋特征横断面曲线），设置筋特征的宽度和拉伸方向，如图 3-87 所示，单击“确定”按钮，即可生成筋特征。

如图 3-87 中图所示，在“筋”特征属性管理器中，厚度下的按钮用于设置筋特征厚度的拉伸方向；单击“平行于草图方向”按钮可设置筋特征以平行于草图的方向进行延伸，单击“垂直于草图方向”按钮，可设置筋特征以垂直于草图的方向进行延伸，其不同效果如图 3-88 所示；另外还可设置筋特征的拔模角，其效果如图 3-89 所示。



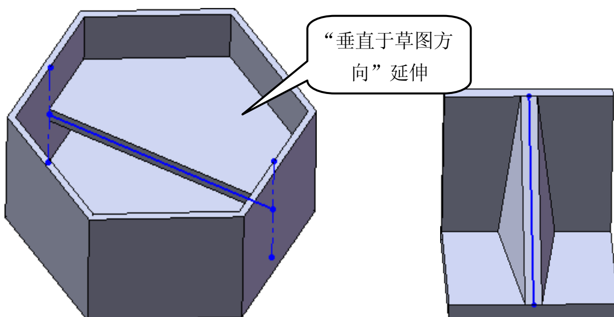


图 3-88 对筋特征拉伸方向的设置

图 3-89 设置“拔模角”的作用

实例精讲——给“螺钉孔”创建补强筋

筋操作虽然简单，但是也有一些难点，下面讲解一个给“螺钉孔”创建补强筋的例子，如图 3-90 所示，熟悉此实例，使读者完全掌握“筋”特征。

【制作分析】

本实例操作的关键是，筋特征的草绘截面具有两个延伸端，应深切体会为什么要绘制这

两个延伸端，具体如下。

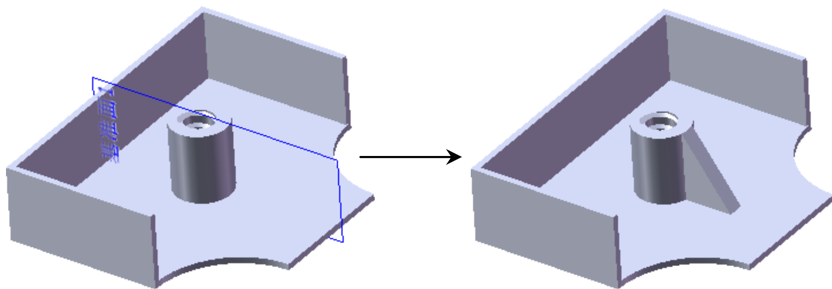


图 3-90　需创建的筋特征

【制作步骤】

STEP 1 打开本书提供的素材文件“螺钉孔补强筋素材.SLDPRT”，如图 3-90 左图所示，在基准面一中绘制如图 3-91 所示的草绘图形，并添加相应的尺寸和约束。

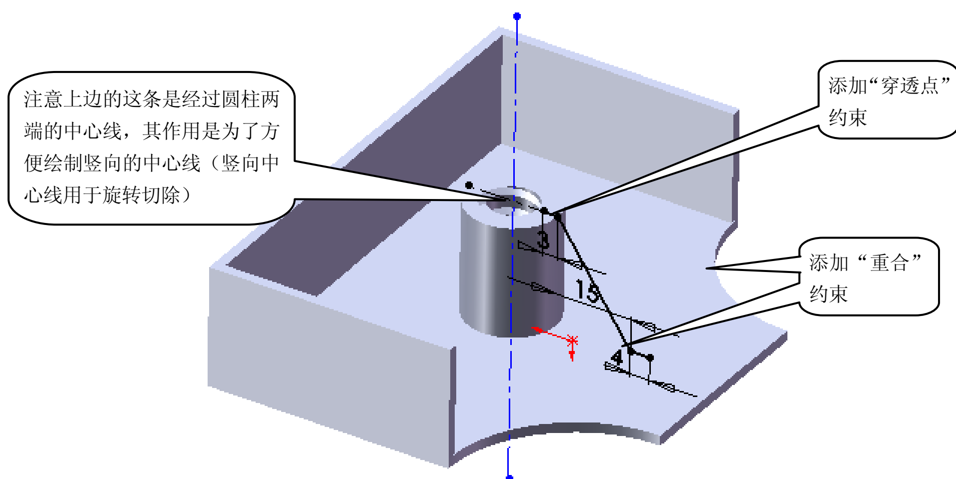


图 3-91　绘制筋特征的横断面曲线

STEP 2 单击“特征”工具栏中的“筋”按钮，选择步骤 1 中绘制的草绘图形，并在弹出的“筋”属性管理器中设置相关参数，单击“确定”按钮完成筋的添加，如图 3-92 所示。

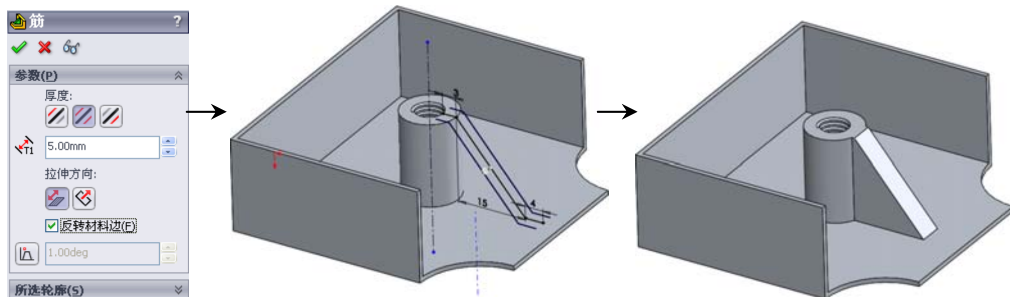


图 3-92　创建筋特征





在创建具有圆面的筋特征时，应注意横断面曲线应延长超过圆面，否则筋特征有空隙，将会出现无法正常生成的错误。

3.6　孔特征

孔特征是比较常用的一种特征，它通过在基础特征之上去除材料而生成孔，如图 3-93 所示。

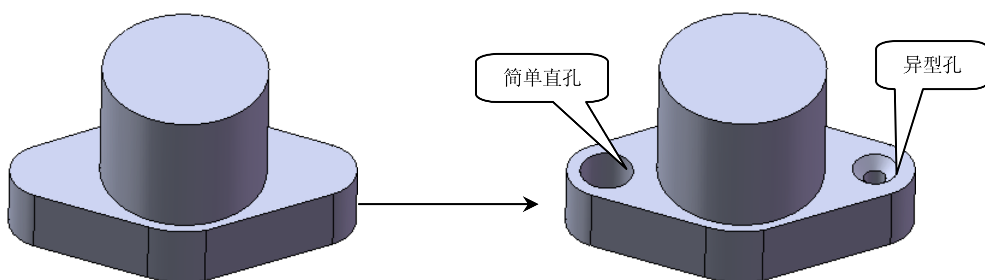


图 3-93　钻孔的实体零件

孔特征包括“简单直孔”和“异型孔”两类特征。简单直孔相当于使用“圆”执行的拉伸切除操作（但是操作要复杂一些，所以实际工作中并不常用，在“特征”工具栏中默认也无此工具）；异型孔是指具有多功能的孔，包括螺纹孔、锥形孔、管螺纹孔和沉头孔等。下边首先来看一下创建“简单直孔”的操作。

3.6.1 简单直孔

简单直孔是具有统一半径的圆孔，它的深度方向和形状不发生变化。选择“插入”>“特征”>“孔”>“简单直孔”菜单，选择放置简单直孔的面（单击的位置即孔放置的位置），打开“孔”特征属性管理器，设置好孔深度和孔直径后，单击“确定”按钮，如图 3-94 所示，即可生成简单直孔。



图 3-94　创建简单直孔的操作

通过上述操作创建简单直孔后，其位置并不固定，此时可通过右击特征树中“孔”特征

的草绘图形，选择“编辑草图”按钮，如图 3-95 所示，对简单直孔的草图进行编辑，添加约束等，以确定孔位置。

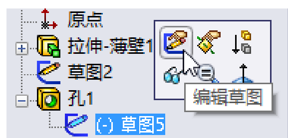


图 3-95 编辑孔草图操作

3.6.2 异型孔向导

利用异型孔向导，可在模型上生成螺纹孔、柱形沉头孔、锥孔等多功能孔。单击“特征”工具栏中的“异型孔”按钮，打开“孔规格”属性管理器，如图 3-96 所示，设置好孔的类型、标准和大小等参数后，切换到“位置”选项卡，在要生成孔的实体面上单击，即可生成异型孔，然后在此界面下直接设置孔的位置关系，将孔定位即可完成异型孔的创建。

“异型孔向导”可在创建孔的过程中对孔进行定位，这是它与简单直孔的不同之处。



图 3-96 创建异型孔的操作



提示

由图 3-96 中图所示可以发现，“异型孔向导”共提供了柱孔、锥孔、孔、螺纹孔、管螺纹孔和旧制孔6 个大类的孔类型，而且提供了 ISO（国际标准）和 ANSI（美国标准）等多种孔标准，在创建孔时，根据需要选择创建即可。

其中旧制孔是在 SolidWorks 2000 版本之前生成的孔，在其下又包括很多孔类型，而且可以对其参数单独进行设置。

此外，选择“显示自定义大小”复选框，可在其下方的文本框中详细设置孔各部分的直径和长度；在“选项”卷展栏中可以为孔设置额外参数，如螺钉间距等。

实例精讲——设计“泵盖”

下边制作一个“泵盖”，如图 3-97 所示，以熟悉使用“简单直孔”和“异型孔向导”特征创建孔的操作过程。

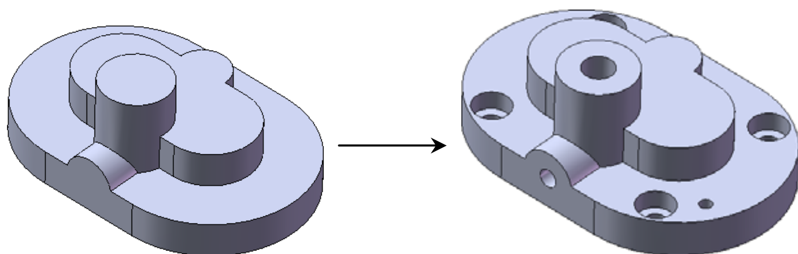


图 3-97　需在“泵盖”上绘制的孔

【制作分析】

如图 3-98 所示，由“泵盖”工程图我们可以看出，本实例需要在“泵盖”上绘制四个直孔和三种类型的异型孔，要绘制的异型孔包括柱孔、异型孔和旧制孔。在绘制时，按照工程图上标注的尺寸进行设置即可，详见下面操作步骤。

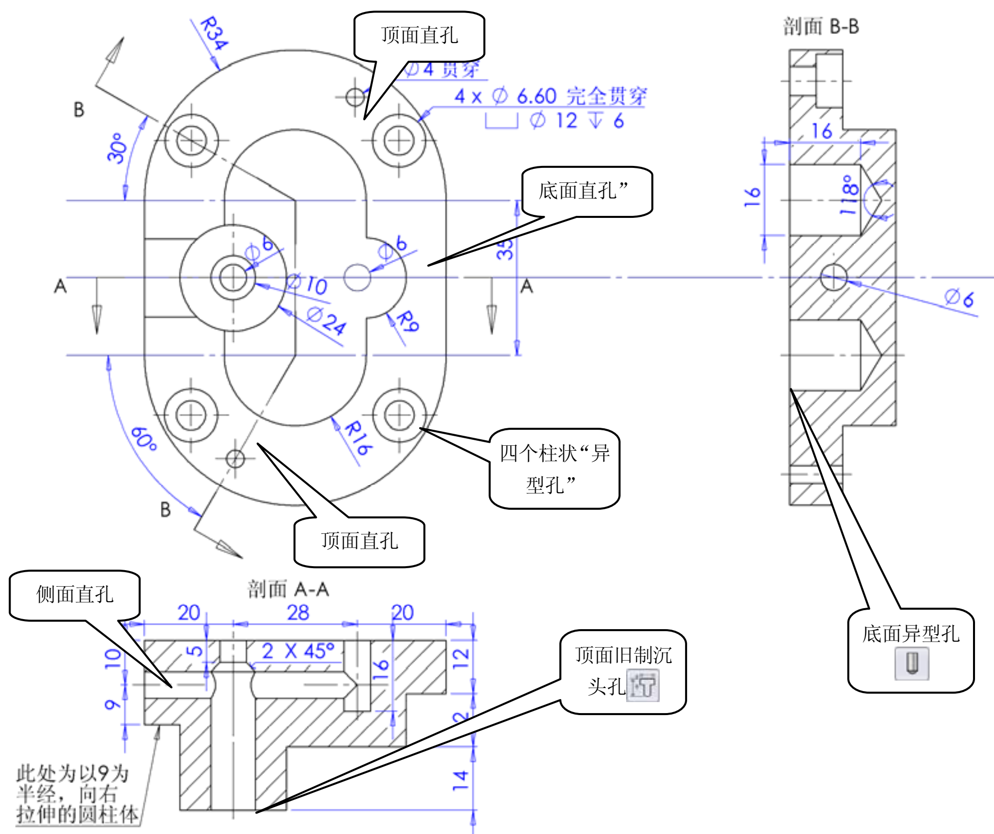


图 3-98　“泵盖”工程图

【制作步骤】

STEP 1 打开本书提供的素材文件“泵盖素材.SLDPRT”。单击“特征”工具栏中的“简单直孔”按钮，选择泵盖的侧面作为放置简单直孔的面，并在弹出的“孔”属性管理器中设置孔深度为 48，直径为 6，如图 3-99 所示，单击“确定”按钮完成绘制。

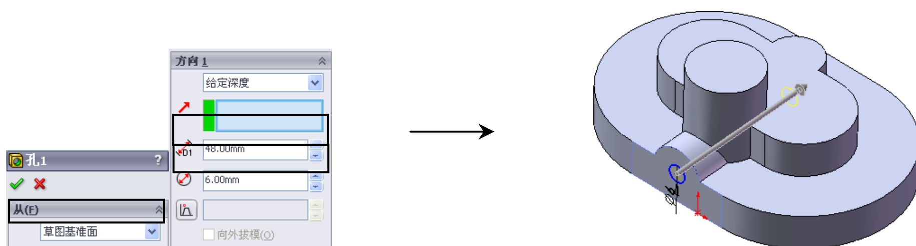


图 3-99 绘制“泵盖”侧面的直孔

STEP 2 单击模型树中新创建的“简单直孔”特征下的草绘特征，在弹出的对话框中选择“编辑”按钮，进入侧孔的草绘界面，单击“添加几何关系”按钮，分别选择孔草绘图形的中心点和外圆弧，并设置其几何关系为“同心”，如图 3-100 所示，以定义孔的位置。

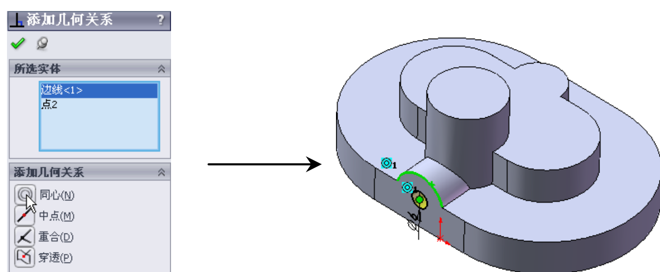


图 3-100 定义侧孔的位置

STEP 3 如图 3-101 所示，以“给定深度”方式绘制一深度为 16、直径为 6 的简单直孔，并添加相应的位置约束。

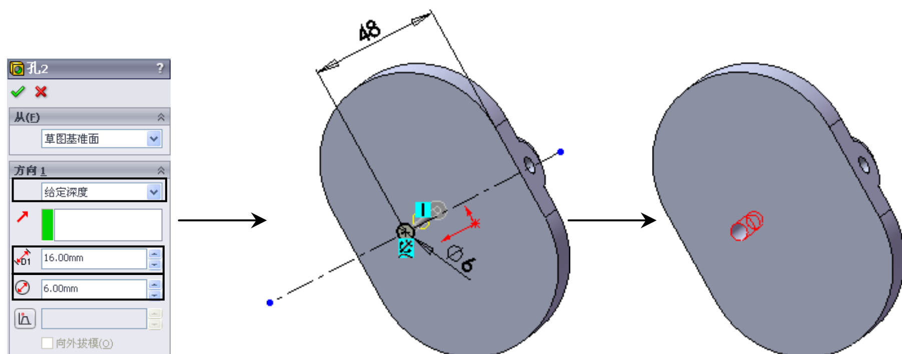


图 3-101 绘制底面“简单直孔”

STEP 4 如图 3-102 所示，以“完全贯穿”方式在泵盖的顶面绘制两个简单直孔，孔直

径为 4，并定义孔的位置。

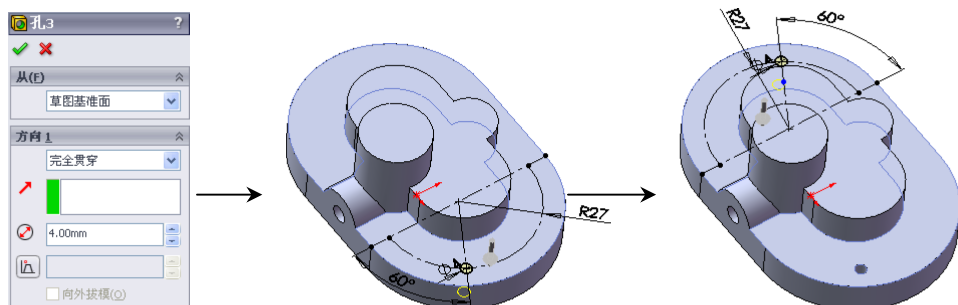


图 3-102　绘制顶面完全贯穿的简单直孔

STEP 5 单击特征工具栏中的“异型孔”按钮，打开其属性管理器，如图 3-103 所示，设置“孔类型”为“柱孔”，“标准”为 ISO，类型为“六角凹头 ISO 4762”，自定义大小“通孔直径”为 6.6，“柱孔直径”为 12，“柱孔深度”为 6；然后切换到“位置”选项卡，在泵盖底部适当位置单击四次，并添加适当约束定义四个孔的位置即可。

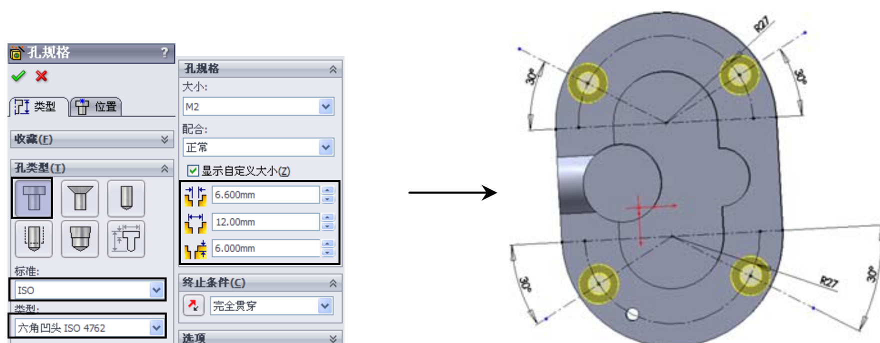


图 3-103　绘制底面柱状“异型孔”

STEP 6 再次单击“异型孔”按钮，打开其属性管理器，如图 3-104 所示，设置“孔类型”为“旧制孔”，类型为“沉头孔”，并在下面界面尺寸列表中设置孔的相关尺寸，并定义孔与顶面圆柱同圆心即可。

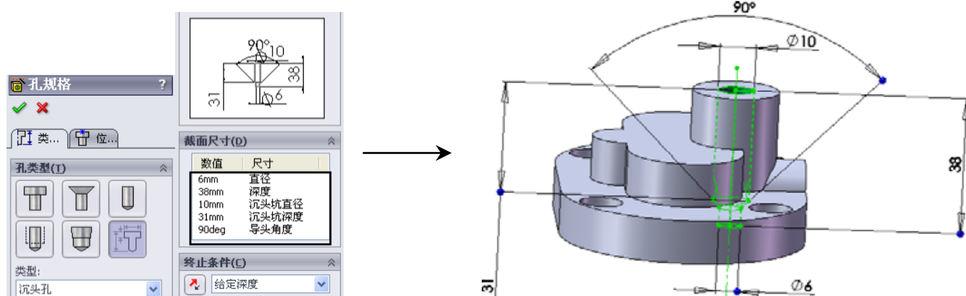


图 3-104　绘制顶面旧制沉头孔

STEP 7 最后再单击“异型孔”按钮创建两个异型孔，其参数设置和孔的位置如

图 3-105 所示（这两个孔与外边的两个半圆弧同圆心），完成泵盖的创建。

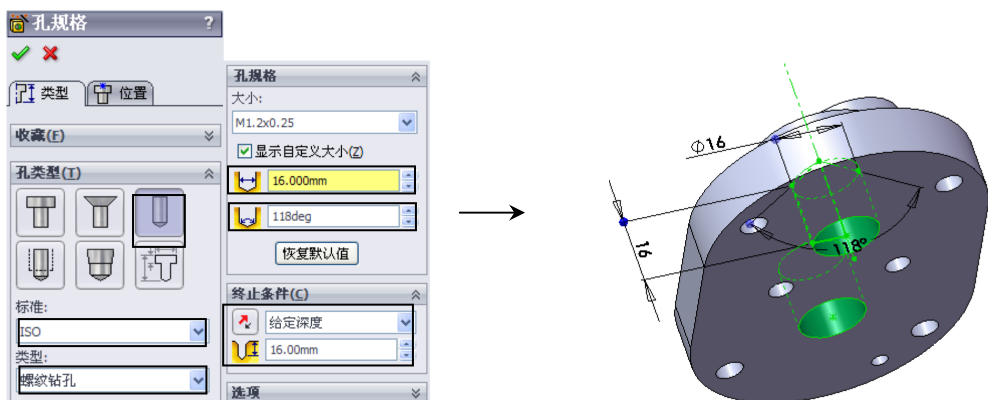


图 3-105　绘制底面异型孔

3.7　倒角/圆角特征

当产品周围的棱角过于尖锐时，为避免割伤使用者，可以使用“倒角”或“圆角”特征令其变得圆滑，“倒角”命令倒出的是仍然具有一定棱角但比原来要相对平滑一些的角，而圆角命令倒出的是更加平滑的截面为圆角的角。

3.7.1　倒角

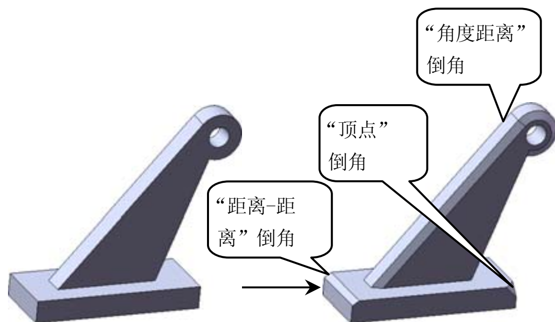


图 3-106　倒角类型

倒角又称“倒斜角”或“去角”，可以在所选边线或顶点上生成一个倒角。SolidWorks 中的倒角类型包括“角度距离”、“距离-距离”和“顶点”三种形式，如图 3-106 所示。

单击特征工具栏中的“倒角”按钮（或选择“插入”>“特征”>“倒角”菜单），在弹出的“倒角”属性管理器中设置倒角的类型和倒角值，然后选择需要倒角的边线（或顶点），最后单击“确定”按钮即可生成倒角，如图 3-107 所示。

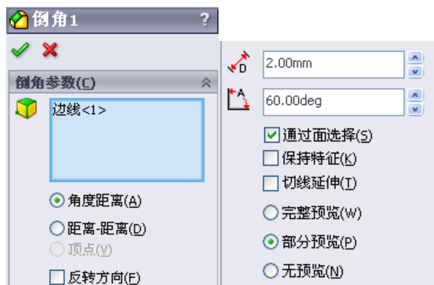


图 3-107　“倒角”的操作过程

3.7.2 “倒角”的参数设置

通过“倒角”参数（图 3-107 左图）可以设置倒角方式、倒角值、倒角线的选择方式和预览方式等，具体如下：

- “角度距离”“距离-距离”和“顶点”：这三个单选钮用于设置倒角方式，其中“角度距离”和“距离-距离”方式通过选择一条边来进行倒角，“顶点”方式通过选择顶点来进行倒角，如图 3-108 所示。选中某个按钮后，可以在下方的文本框中输入倒角值来设置倒角的大小。

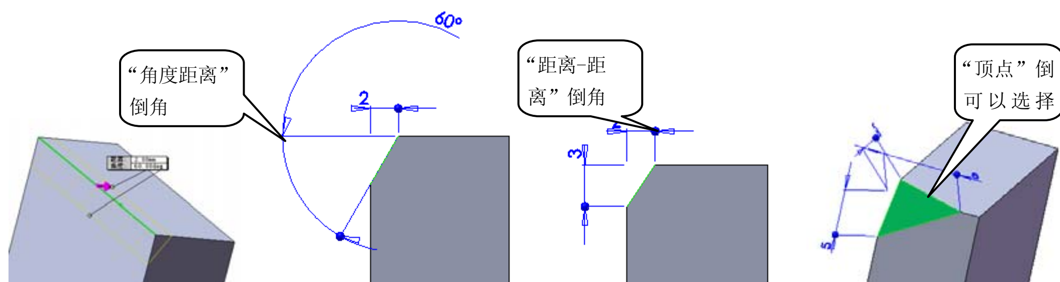


图 3-108 “倒角”的三种方式

- “反转方向”复选框：用于反转“角度距离”倒角方式下，角度和距离所在的边线（在“距离-距离”和“顶点”方式下，此复选框变为“相等距离”，用于设置在每条边上进行相等距离的倒角）。
- “通过面选择”单选钮：选中后，可以选择隐藏边线，作为倒角的引导线，如图 3-109 所示。
- “保持特征”复选框：选中后进行倒角，可以保留倒角经过的切除或拉伸等特征，如不选择此复选框，这些特征将在倒角后被移除，如图 3-110 所示。

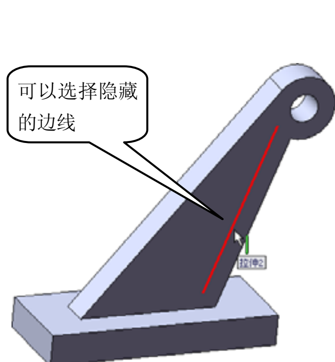


图 3-109 “通过面选择”的作用

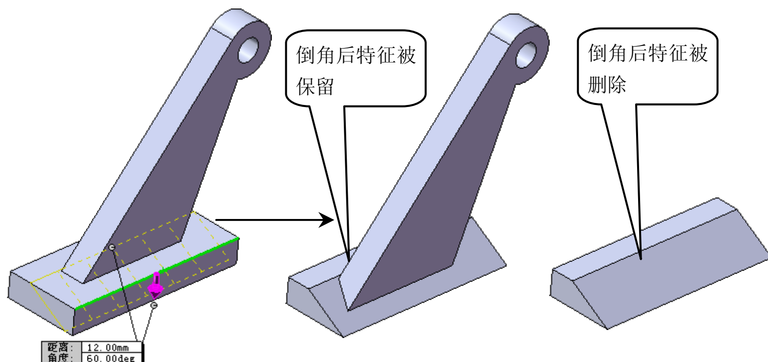


图 3-110 “保持特征”的作用

- “切线延伸”复选框：用于将倒角延伸到与所选实体相切的面或边线。
- “完全预览”“部分预览”和“无预览”单选钮：用于设置倒角的预览方式。

3.7.3 圆角

在边界线或顶点处创建的平滑过渡特征称作圆角特征。对产品模型进行圆角处理，不仅可以去处模型棱角，更能满足造型设计美学要求，增加模型造型变化。圆角特征包括“等半径圆角”“变半径圆角”“面圆角”和“完整圆角”四种类型，具体操作如下。

1．“等半径”圆角操作

单击“特征”工具栏中的“圆角”按钮，打开“圆角”属性管理器，如图 3-111 左图所示，在“圆角项目”卷展栏中输入圆角半径 3，依次单击模型文件最外侧的四条边，单击“确定”按钮，即可进行“等半径”圆角处理，效果如图 3-111 右图所示。

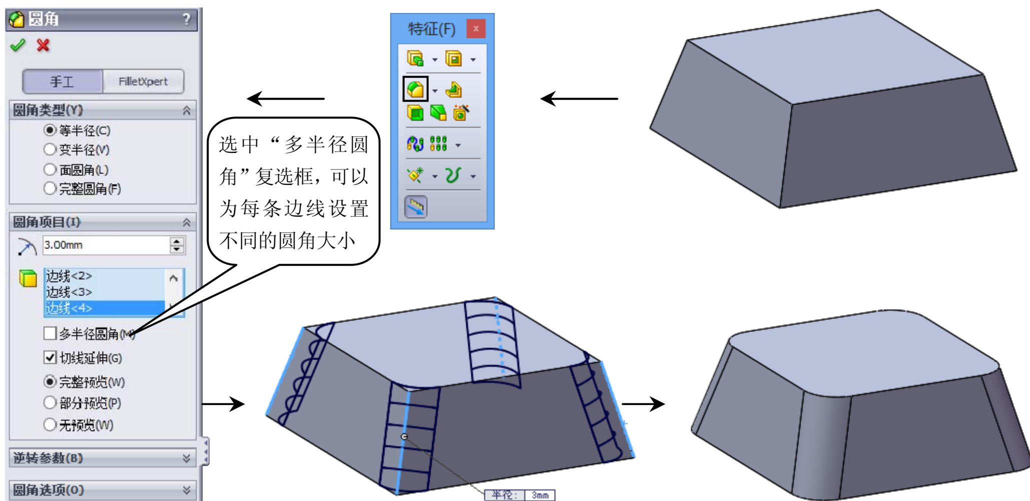


图 3-111 “等半径”圆角操作

2．“变半径”圆角操作

“变半径圆角”同样也是对实体边线执行的操作。单击“特征”工具栏中的“圆角”按钮，在其属性管理器中首先选择“变半径”单选按钮，然后选中要进行圆角处理的边线，再在“变半径参数”卷展栏中，设置变半径“实例”的个数，然后设置所选边线两个端点处的圆角半径（输入值后，单击“设定所有”按钮），再继续单击操作区中的“实例点”，为每个实例点设置半径，即可执行“变半径圆角”操作，如图 3-112 所示。

3．“面圆角”圆角操作

面圆角是通过选择两个面（非平行）来创建圆角，如图 3-113 所示。

实际上，面圆角的效果，与“等半径”圆角非常类似（如左图），只不过“面圆角”是选择两个面，而“等半径”圆角是选择两个面的相交线而已。面圆角的优势是，可用在两个面没有相交线的情况。

4．“完整圆角”圆角操作

单击“圆角”按钮，打开“圆角”属性管理器，选择“完整圆角”单选钮，然后分别设置“边侧面组 1”、“边侧面组 2”和“边侧面组 3”（即选择三个相邻面作为生成圆角的面），单击“确定”按钮，即可进行“完整圆角”圆角操作，如图 3-114 所示。

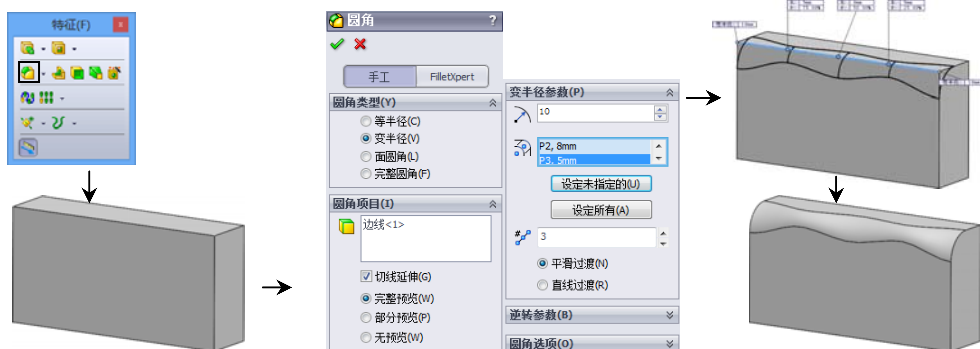


图 3-112 “变半径”圆角操作

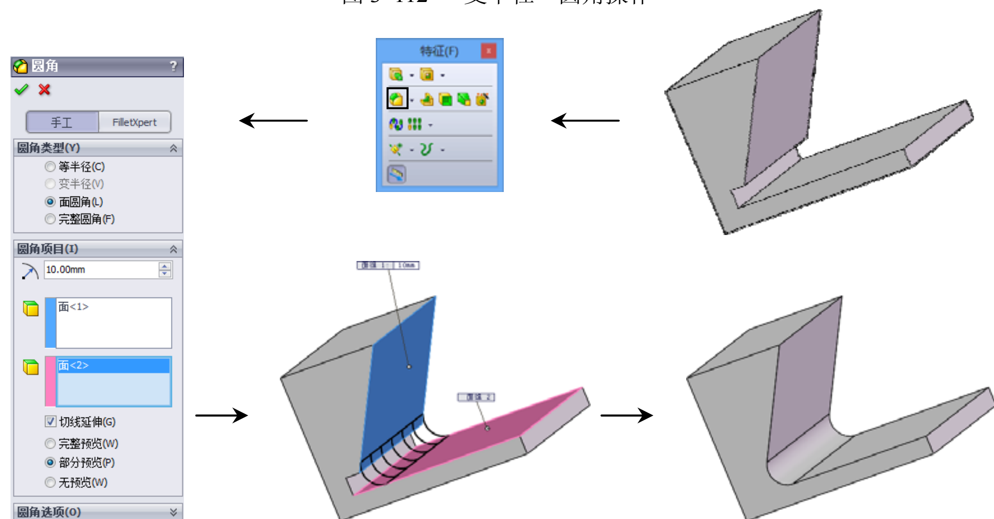


图 3-113 “面圆角”圆角操作

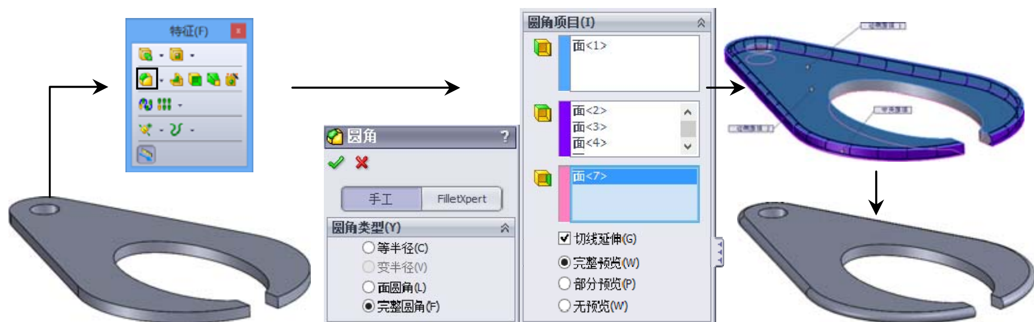


图 3-114 “完整圆角”圆角操作

3.7.4 “圆角”的参数设置

通过上节“圆角”操作，以及前面对“倒角”参数的说明，我们可以大概了解了“圆角”参数的基本功能，在此仅对上面没有提到的“等半径”方式下的“圆角选项”卷展栏、“面圆角”方式下的“圆角选项”卷展栏和“等半径”“变半径”方式下的“逆转参数”卷展

栏（图 3-115），进行详细说明，具体如下。

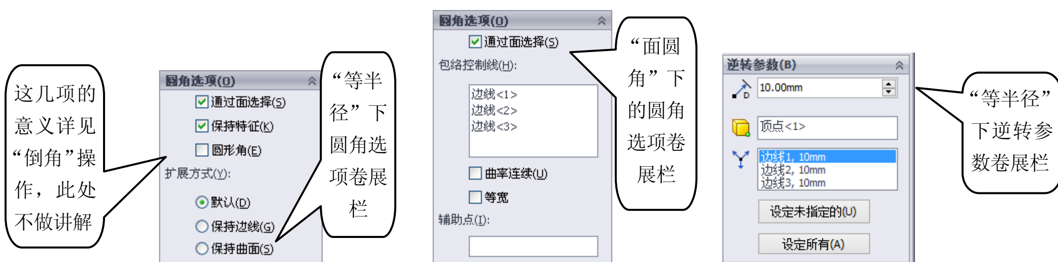


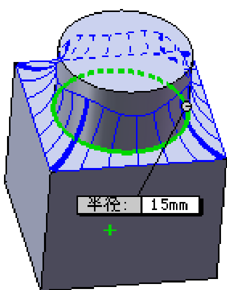
图 3-115 “等半径”方式下和“面圆角”方式下的“圆角选项”卷展栏

1．“等半径”方式下的“圆角选项”卷展栏

如图 3-115 左图所示，这里着重说明一下此卷展栏中“保持边线”和“保持曲面”复选框的作用，具体如下：

➢ 保持边线：模型边线保持不变，而圆角自动调整。选择此复选框后，在很多情况下，圆角的顶部边线会有沉陷（图 3-116）。

➢ 保持曲面：选择此复选框后，圆角边线将调整为连续和平滑，而模型边线被更改以与圆角边线相匹配（图 3-117）。



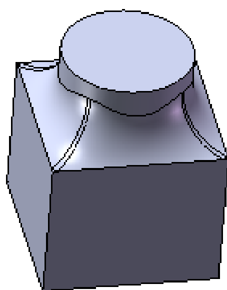


图 3-116 “保持边线”复选框的作用

图 3-117 “保持曲面”复选框的作用

2．“面圆角”方式下的“圆角选项”卷展栏

如图 3-115 右图所示，这里着重说明一下此卷展栏中“包络控制线”“曲率连续”“等宽”和“辅助点”参数的作用，具体如下：

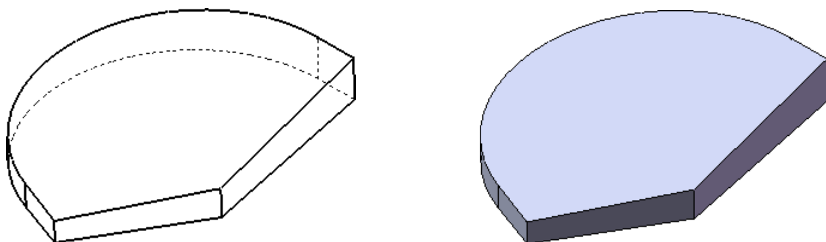


图 3-118 进行“面圆角”处理的模型

➢ 包络控制线：在“面圆角”方式下生成圆角时，可以选择零件上一边线或面上一投影分割线作为决定面圆角形状的边界（如图 3-118～图 3-120 所示）。圆角半径由控制线

和要圆角化的边线之间的距离决定，因此此时无需设置圆角值。

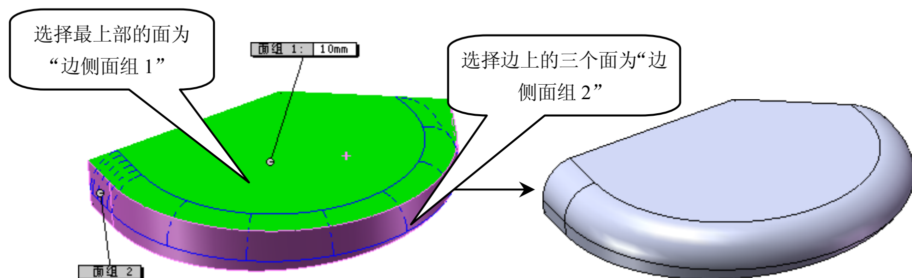


图 3-119　未选择“包络控制线”时的圆角效果

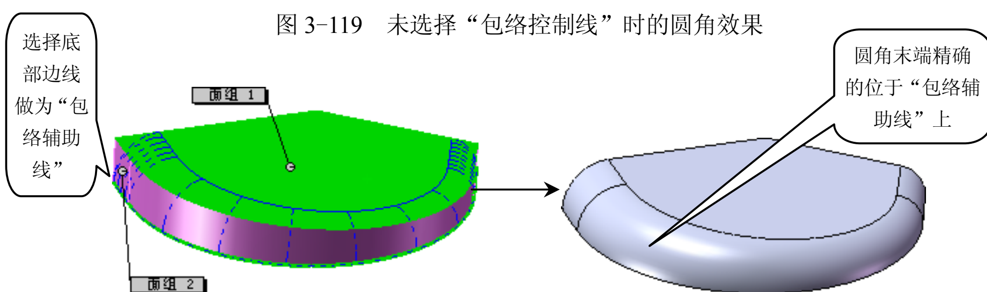


图 3-120　选择“包络控制线”时的圆角效果

➢ 常量宽度：选中此复选框后可生成宽度固定不变的圆角，如图 3-121 所示。

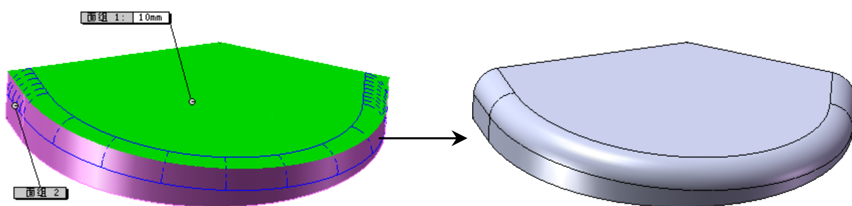


图 3-121　“常量宽度”复选框的作用

➢ 曲率连续：选中此复选框后，可在相邻曲面之间生成更平滑曲率的曲面，如图 3-122 所示。


知识库

曲率连续圆角不同于标准圆角，因为它们的横断面曲线为一样条曲线，而不是圆形。曲率连续圆角比标准圆角更为平滑，因为它们在边界处曲率连续，而标准圆角在边界处相切连续，曲率存在跳跃。

➢“辅助点”选项：当两个曲面有多个不连续区域相交时，可以通过选择辅助点来定位插入混合面的位置，如图 3-123 所示。

3．“等半径”圆角方式下的“逆转参数”卷展栏

此卷展栏中的按钮，用于设置三条圆角边线交点处的圆角大小，逆转处理相当于在圆角之间又生成了圆角，并可设置其大小。

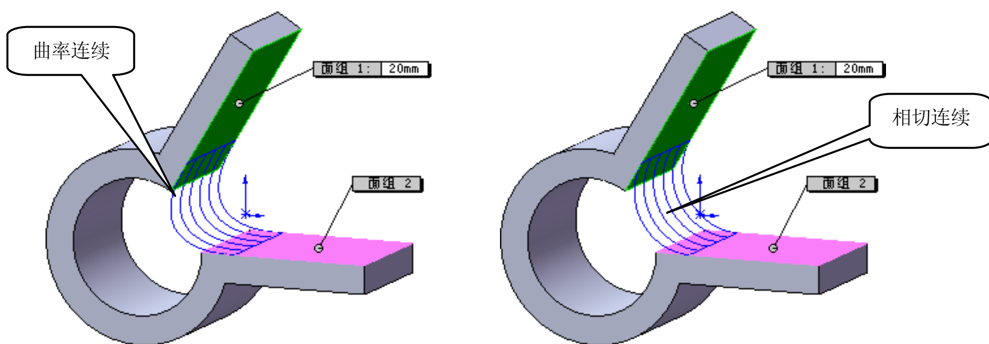


图 3-122 “曲率连续”复选框的作用

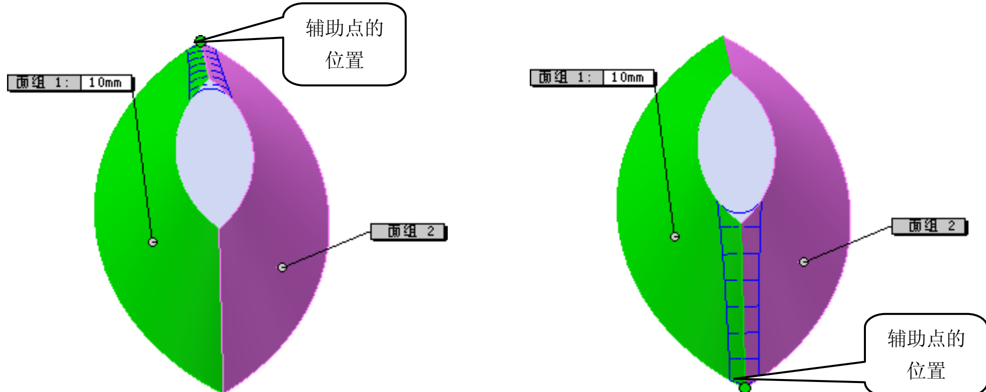


图 3-123 “辅助点”选项的作用

如图 3-124 所示，在对三条相交边进行“等半径”圆角处理时；不关闭属性管理器，切换到“逆转参数”卷展栏，首先选择“逆转顶点”空白区，再在操作区中单击三条圆角线的顶点，并在“逆转距离”列表项中分别设置三条边的逆转距离，即可进行“逆转参数”圆角处理。

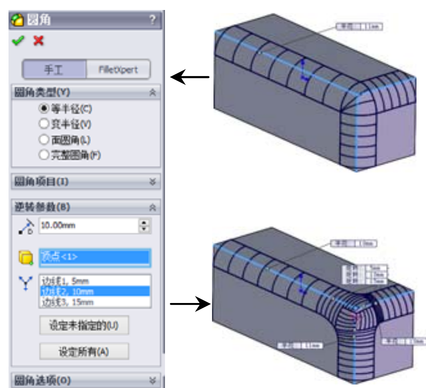


图 3-124 “逆转参数”的作用



“FilletXpert”标签栏只在“等半径”方式下有用，用于对圆角进行管理，本文不对其详加解释。

3.8 抽壳特征

抽壳特征常见于塑料或铸造零件，用于挖空实体的内部，留下有指定壁厚度的壳，并可设置多个抽壳厚度，以及指定想要从壳中移除的一个或多个曲面，如图 3-125 所示。



图 3-125 抽壳特征

单击“特征”工具栏中的“抽壳”按钮，然后设置抽壳

厚度，并选择排除的面，再设置特殊厚度的面，即可生成“抽壳”特征，如图 3-126 所示。

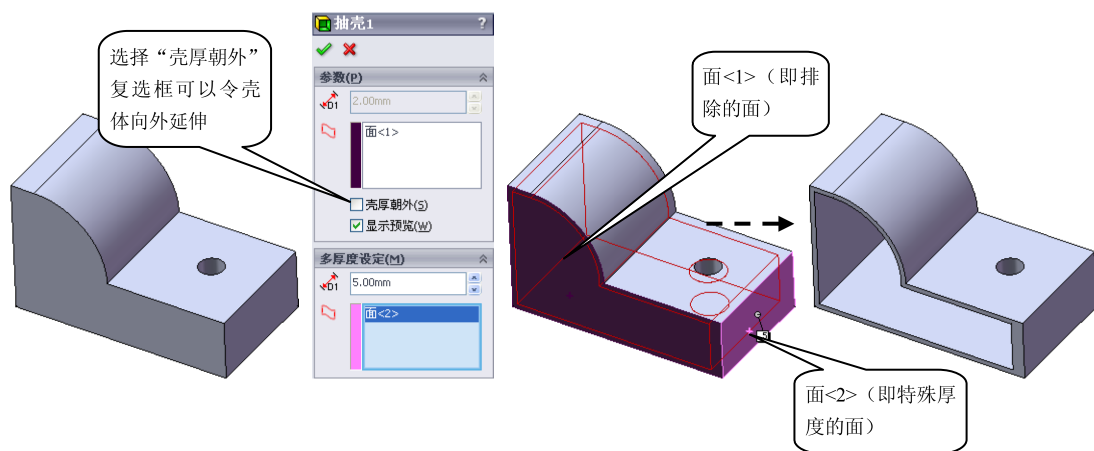


图 3-126　抽壳操作



提示

若需在零件上添加圆角，应当在生成抽壳特征之前对零件进行圆角处理。

实例精讲——“特殊盘体”抽壳

下面讲述一个“特殊盘体”的抽壳实例（其要求和效果如图 3-127 所示），以熟悉“抽壳”特征的操作过程。

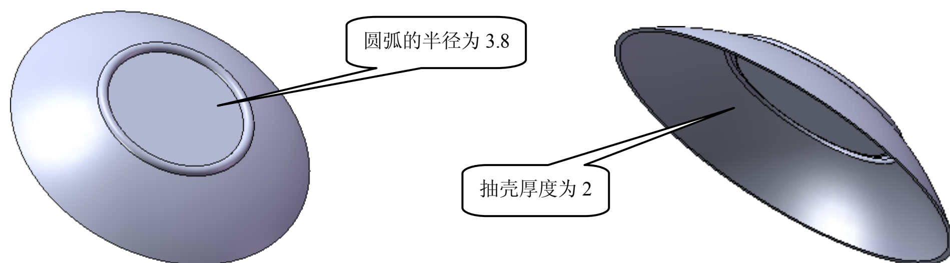


图 3-127　抽壳要求和效果

【制作分析】

本实例操作的难点是当“抽壳”厚度等于 2 时，如图 3-128 所示，抽壳界面将产生自相交现象，因此无法完成抽壳操作，我们此处仍然使用创建辅助特征的方法，进行抽壳操作，具体步骤如下。

【制作步骤】

STEP 1 打开本书提供的素材文件“盘体素材.SLDPRT”，如图 3-127 左图所示，单击“特征”工具栏中的“圆角”按钮，以“等半径”方式，以 0.5 为圆角半径，对“盘体”顶部

的两个夹角进行圆角处理，如图 3-129 所示。

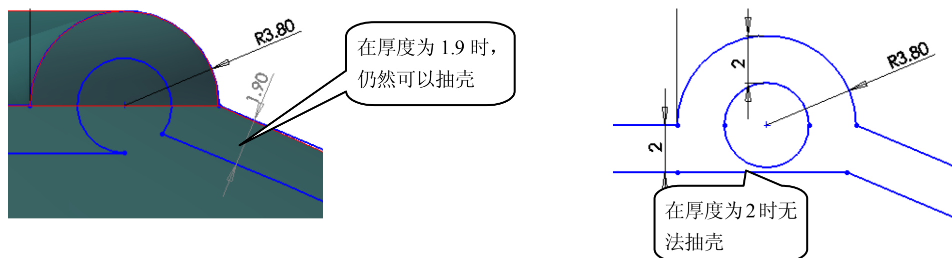


图 3-128　抽壳时会遇到的问题

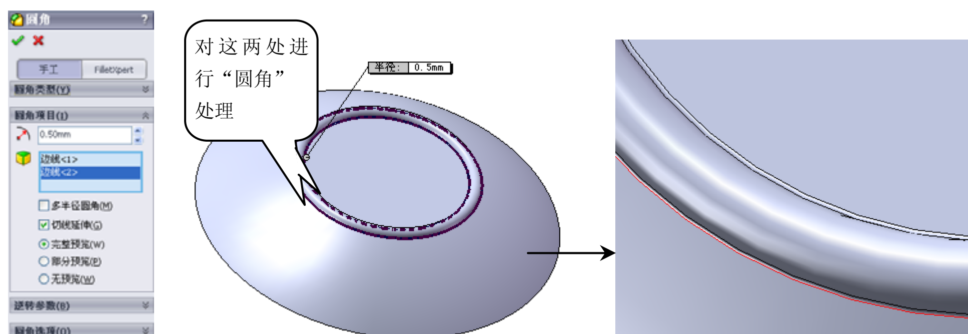


图 3-129　圆角操作

STEP 2 单击“特征”工具栏中的“抽壳”按钮（或选择“插入”>“特征”>“抽壳”菜单），弹出“抽壳”属性管理器，设置抽壳厚度为 2，并选择盘体底面作为抽壳排除的面，单击“确定”按钮进行有效抽壳，如图 3-130 所示。

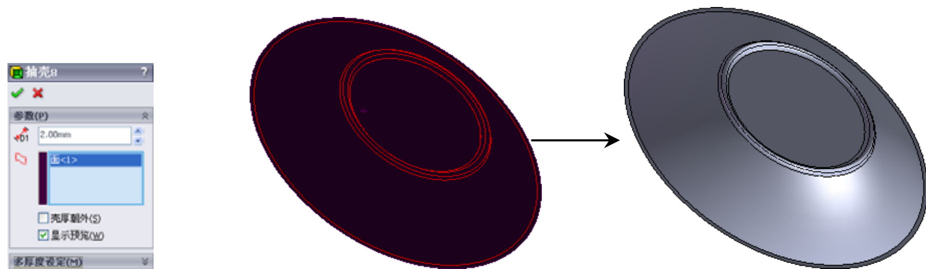


图 3-130　抽壳操作

STEP 3 选择“插入”>“面”>“删除”菜单，打开“删除面”对话框，如图 3-131 左图所示，选择两个圆角面，进行删除面操作，如图 3-131 中图所示，单击“确定”按钮完成整个实例操作，效果如图 3-131 右图所示。


知识库

建模过程中有时由于外型面的需要，会不可避免地出现单点收敛或者扭曲现象，这时可以尝试将实体进行分割，将大部分实体先行抽壳，再对剩下的小部分具有特殊面的实体进行单独处理，然后将两部分壳体进行合并，即可达到抽壳的目的。

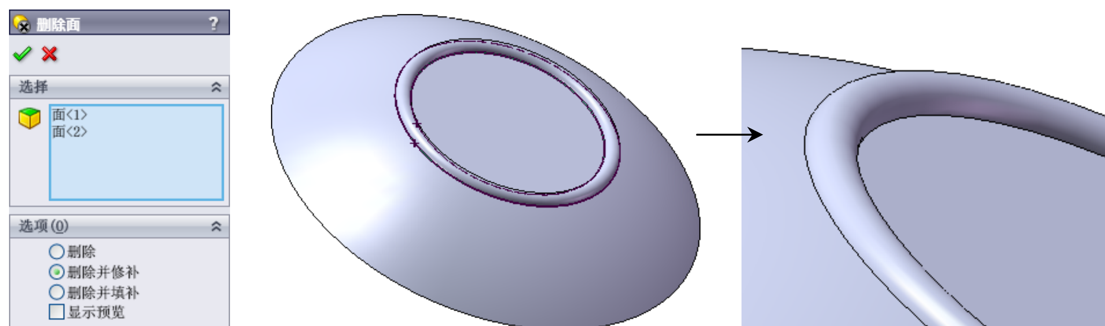


图 3-131　删除面操作

3.9　拔模特征

在工业生产中，为了能够让注塑件和铸件顺利从模具腔中脱离出来，我们需要在模型上设计出一些斜面，如图 3-132 所示，这样在模型和模具之间就会形成 1°~5° 甚至更大的斜角（具体视产品的类型和制造材质而定），这就是拔模处理。在本节，我们介绍拔模特征的有关知识。

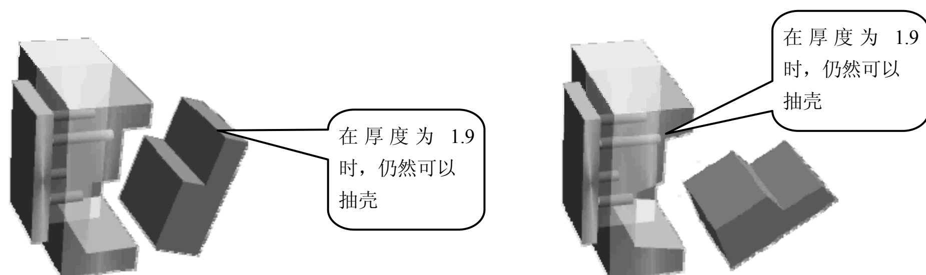


图 3-132　常见的拔模特征

用户既可以在已有零件上插入拔模特征，也可以在创建拉伸特征时单击“拔模开/关”按钮进行拔模。在已有零件上插入拔模特征包括“中性面拔模”“分型线拔模”和“阶梯拔模”三种拔模类型，如图 3-133 所示。

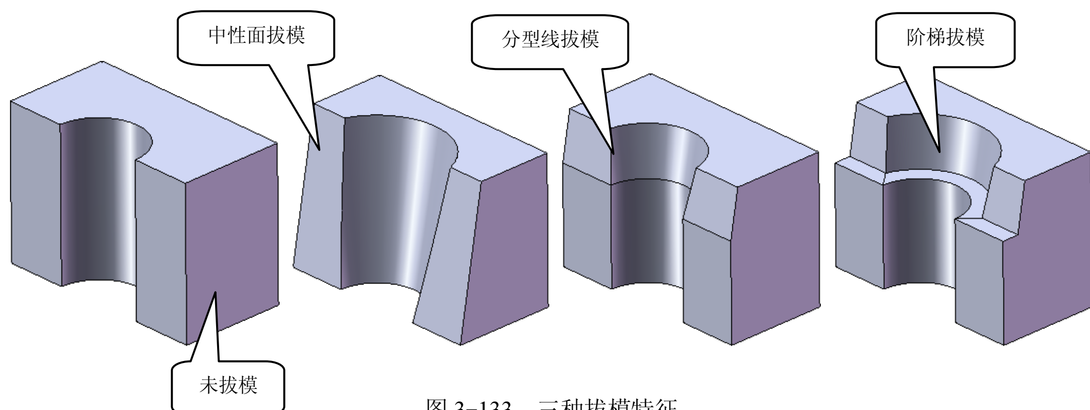


图 3-133　三种拔模特征

3.9.1 中性面拔模

单击“特征”工具栏中的“拔模”按钮（或选择“插入”>“特征”>“拔模”菜单），打开“拔模”属性管理器，如图 3-134 左图所示。选择“中性面”拔模类型，再设置好拔模角度，并在“中性面”卷展栏和“拔模面”卷展栏中分别选择中性面和拔模面，单击“确定”按钮即可进行拔模操作，如图 3-134 右图所示。

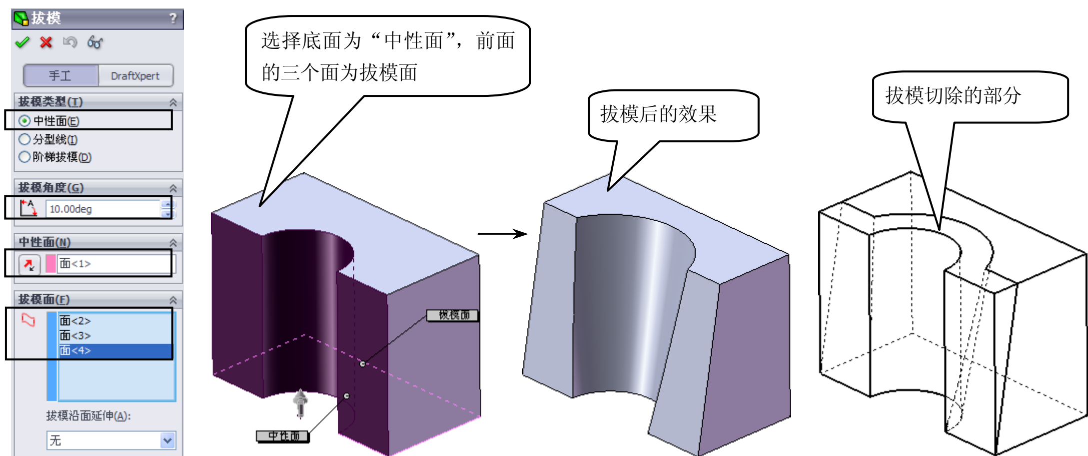


图 3-134 “中性面”拔模操作



中性面决定了拔模方向，中性面的 Z 轴方向为零件从铸模中弹出的方向。可单击“反向”按钮来翻转拔模方向。

此外，在“拔模”属性管理器中，Draftxpert 相当于“中性面”拔模模式，除此之外，在此模式下还可在拔模的过程中进行分析。

3.9.2 分型线拔模和阶梯拔模

可以通过在实体中创建一条分割线来创建“分型线”拔模特征，其创建方法与“中性面”拔模特征基本相同，如图 3-135 所示，只需选择“分型线”拔模类型，设置拔模角度、设置拔模方向、选择“分形线”即可生成分形线拔模。

执行“分型线”拔模时，需要注意的是对“拔模方向”和“分型线方向”的设置，分型线方向的一侧是对实体进行修改的一侧，拔模方向决定了拔模角度的计算位置。例如依然是上面实体，还可以生成如图 3-136 所示的拔模特征（单击“其他面”按钮可切换分型线方向）。



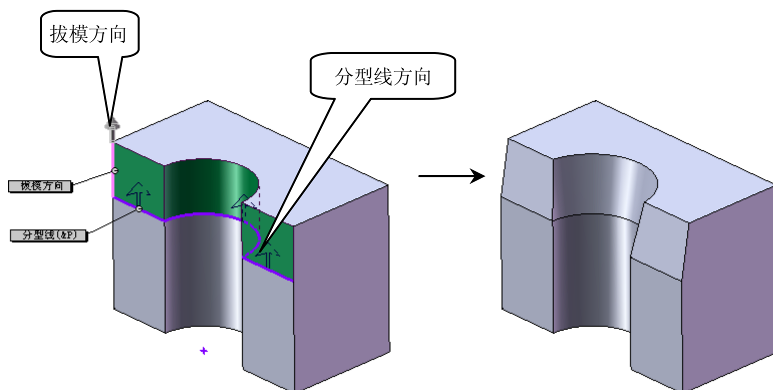


图 3-135 “分型线”拔模操作

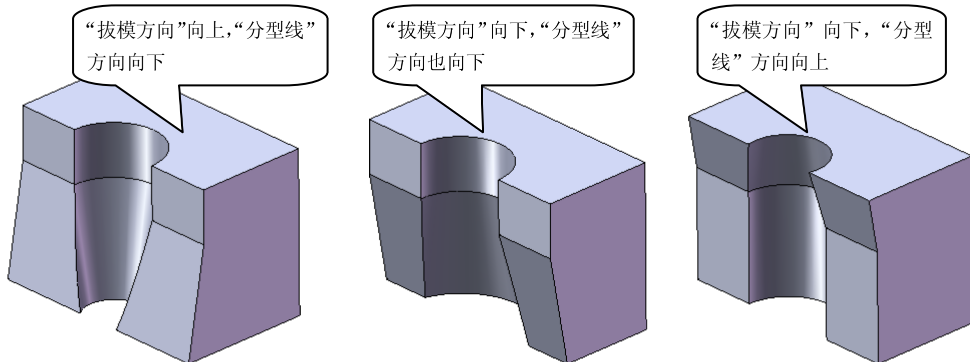


图 3-136 设置“拔模方向”和“分型线方向”的作用

“阶梯拔模”是分型线拔模的变体，所以其创建方法也与“分型线”拔模操作相同，需要注意的是“阶梯拔模”无法选择“边线”作为拔模的参考方向，而且作为拔模参考方向的面，通常是面积不变的面。

另外，“阶梯拔模”包括“锥形阶梯”和“垂直阶梯”两种拔模方式。其中，“锥形阶梯”以与锥形曲面相同的方式生成曲面；而“垂直阶梯”是垂直于原有主要面而生成曲面，如图 3-137 所示。

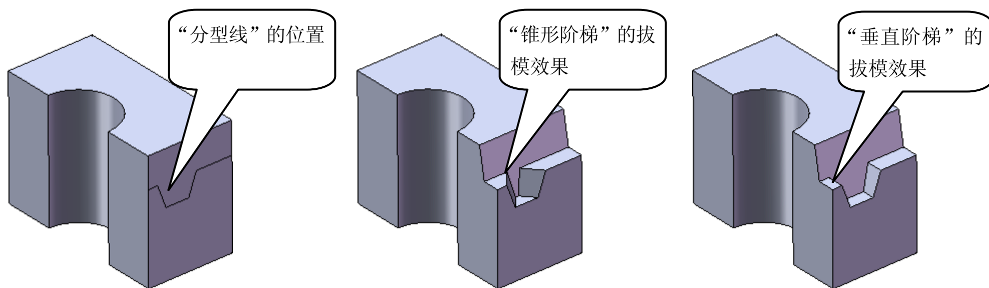


图 3-137 “锥形阶梯”和“垂直阶梯”的区别

3.9.3 “拔模”的参数设置

在进行“中性面”拔模时，“拔模”属性管理器的“拔模面”卷展栏中，“拔模沿面延伸”下拉列表主要用于设置选择拔模面的方法，具体如下（对于其他参数本文不再赘述）：

- 无：只有所选的面才进行拔模，在上面讲解的拔模操作中都选择了“无”选项。
- 沿相切面：将拔模延伸到所有与所选面相切的面（面相交的地方会成为圆角，如图 3-138 所示）。
- 所有面：所有与中性面相邻的面以及从中性面拉伸的面都进行拔模，如图 3-139 所示。

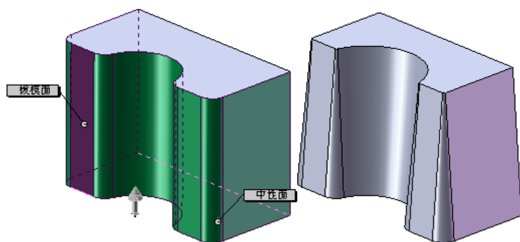


图 3-138 “沿相切面”拔模

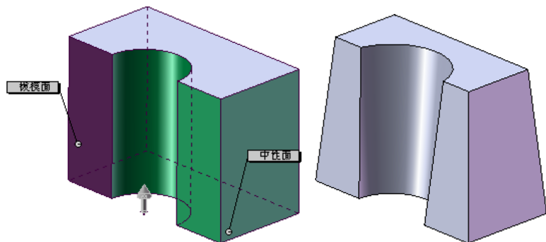


图 3-139 “所有面”拔模

- 内部的面：令所有从中性面拉伸的内部面都进行拔模，如图 3-140 所示。
- 外部的面：令所有与中性面相邻的外部面都进行拔模，如图 3-141 所示。

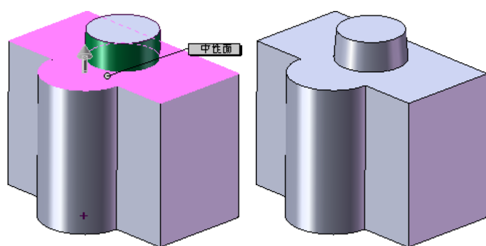


图 3-140 “内部的面” 拔模

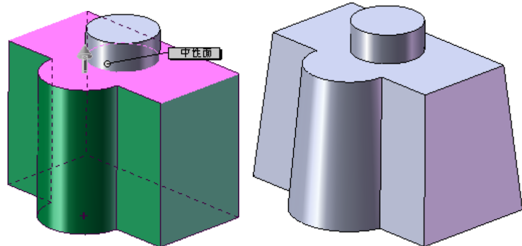


图 3-141 “外部的面” 拔模

实例精讲——“传动轴”拔模

下面介绍一个“传动轴”拔模实例，产品模型如图 3-142 左图所示，最终完成结果如图 3-142 右图所示。

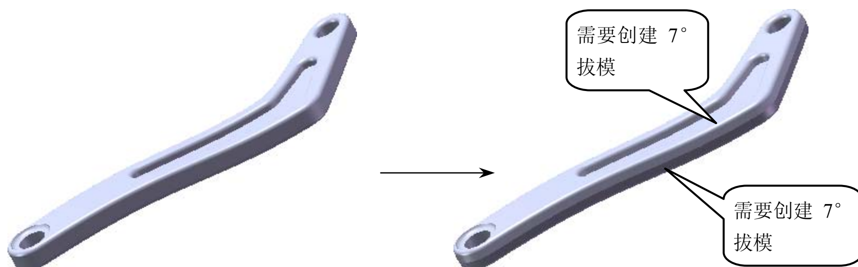


图 3-142 “传动轴”拔模模型和效果

【制作分析】

本实例操作的关键是需要先“拔模”再“圆角”，另外应注意拔模参考面（因为拔模参考面只能是平面）和分型线的选择方法，另外有兴趣的读者可以尝试创建本实例中提供的素材，以熟悉前面讲述的几类特征。

【制作步骤】

STEP 1 打开本书提供的素材文件“传动轴素材.SLDPRT”，拖动模型树下端的线将“圆角”特征暂时不纳入编辑状态（否则无法拔模），如图 3-143 所示。

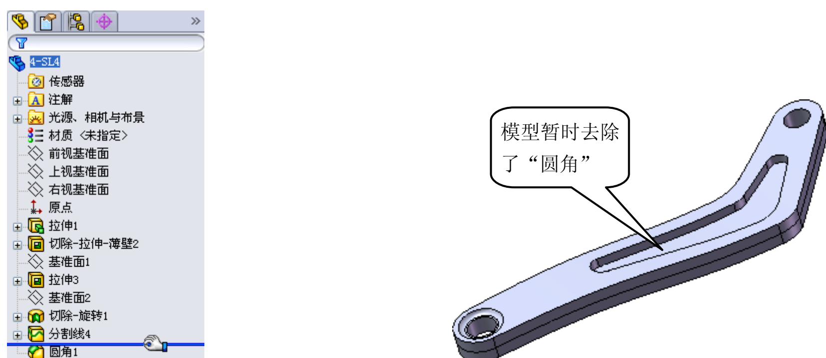
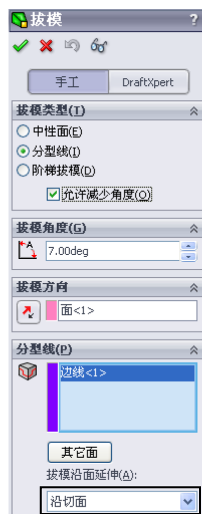


图 3-143 模型树操作和去除圆角的模型

STEP 2 单击特征工具栏中的“拔模”按钮，打开“拔模”属性管理器，如图 3-144 左图所示，选择“分型线”拔模类型，设置拔模角度为 7°，选择“传动轴”顶端圆孔处的横面作为拔模参考面，如图 3-144 右上图所示，再以“沿切面”方式选择素材中已创建好的分割线为分型线，如图 3-144 右下图所示，单击“确定”按钮完成分割线一侧拔模。

STEP 3 单击特征工具栏中的“拔模”按钮，通过与步骤 2 中相同的操作完成分割线另一侧拔模，如图 3-145 所示。



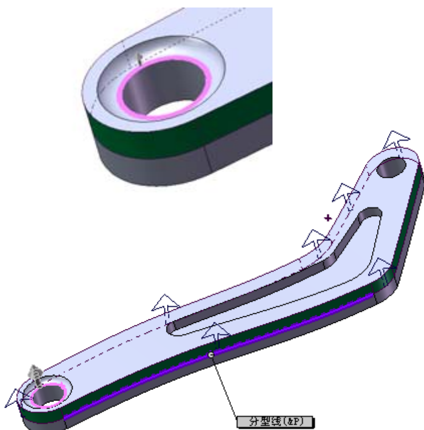


图 3-144 分割线一侧“拔模”操作

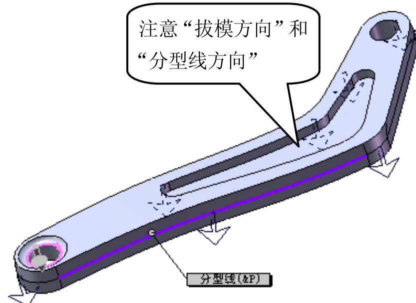


图 3-145 分割线另一侧“拔模”操作

STEP 4 再次单击特征工具栏中的“拔模”按钮，以“传动轴”内凹处的底面边为分型线，进行 7° 拔模操作，如图 3-146 左图所示，并拖动模型树下端的线恢复“圆角”特征即可，效果如图 3-146 右图所示。

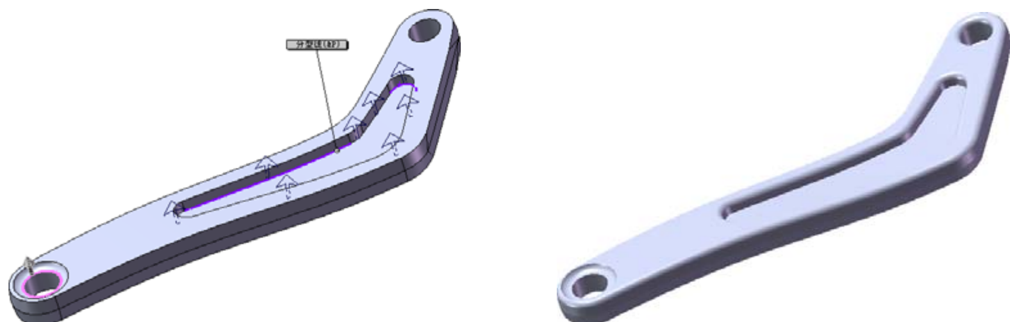


图 3-146 内侧“拔模”和恢复“圆角”

3.10 非常用附加特征

除了上面介绍的附加特征外，还有圆顶、特型、自由形、变形、压凹、弯曲、包覆和加厚等非常用附加特征，这些特征可以更加灵活地对创建好的模型进行修改，从而创建一些更加复杂的模型，下面集中做一下介绍。

3.10.1 圆顶特征

圆顶特征是指在零件的顶部面上创建类似于圆角类的特征，创建圆顶特征的顶面可以是平面或曲面，如图 3-147 所示。选择“插入”>“特征”>“圆顶”菜单，然后选择用于生成圆顶的基础面，再设置基础面到圆顶面顶部的距离，即可生成圆顶特征。

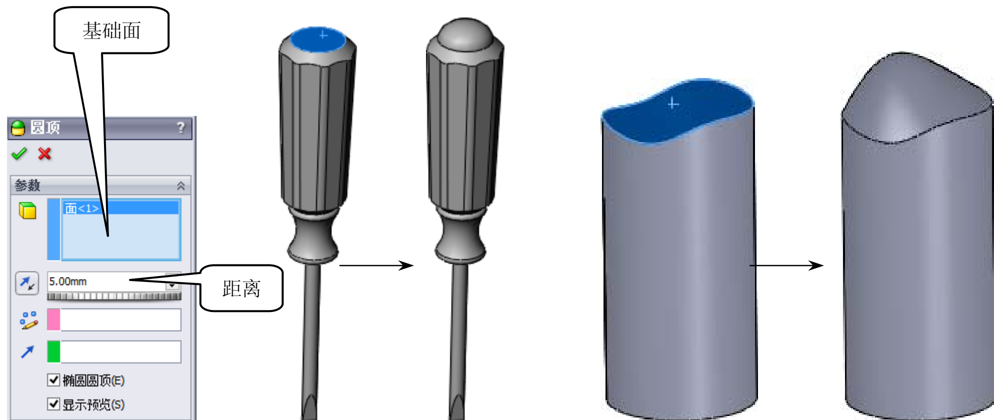


图 3-147 创建“圆顶特征”的两种方式

下面解释一下“圆顶”属性管理器中（如图 3-147 左图所示）部分选项的作用：

➢ “约束点或草图”选项：通过草图或点来约束圆顶面，如图 3-148 所示。

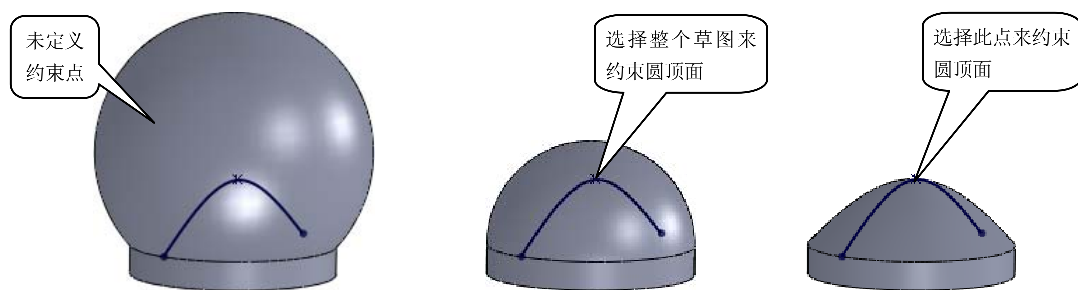


图 3-148 “约束点或草图”选项的作用

- “方向”选项：通过选择一不垂直于基础面的边界线来定义拉伸圆顶的方向，如图 3-149 所示。

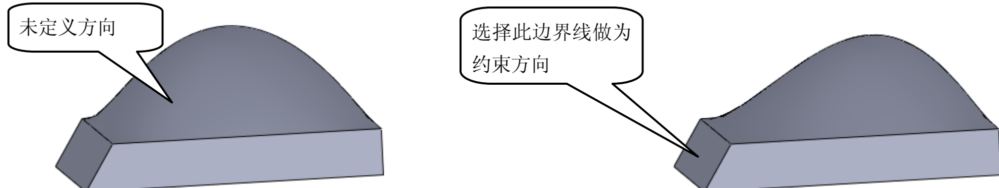


图 3-149 “方向”选项的作用

- “椭圆圆顶”选项：选择此项可生成椭圆形的圆顶特征（在选择不规则基础面时此项可显示为“连续圆顶”，此时将其选中后可向上倾斜生成圆顶特征，否则将垂直于多边形的边线向上生成圆顶特征）。

3.10.2 自由形特征

自由形特征是指通过拖动网格上的控制点来任意改变实体曲面形状的方法，如图 3-150 所示。自由形特征比较适合创建形状多变的自由实体曲面。

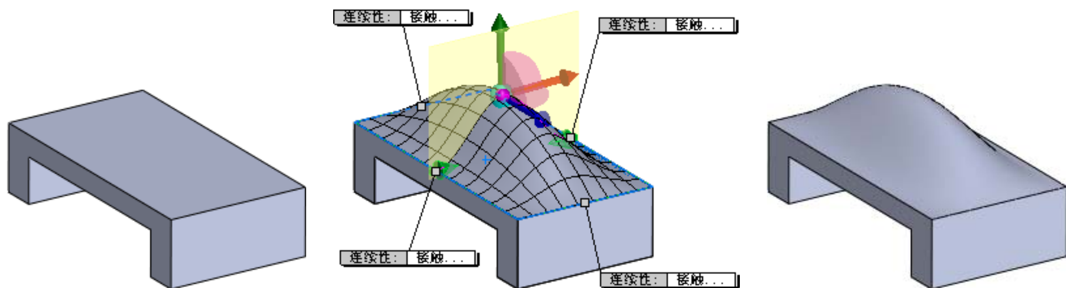


图 3-150 生成“自由形特征”

下面通过一个“手柄”实例讲解自由形特征的使用，具体如下。

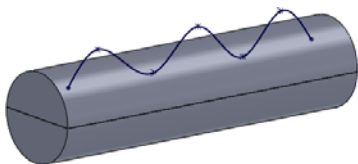


图 3-151 打开的素材文件

STEP 1 打开本书提供的素材文件“自由形素材.SLDPRT”，如图 3-151 所示（由图可知，此素材文件被上下分割为两部分，有一样条曲线位于竖向的“前视基准

面”中)。

STEP 2 选择“插入”>“特征”>“自由形”菜单，打开“自由形”属性管理器，如图 3-152 左图所示，选择上半部的面为“要变形的面”，再选中“方向 1 对称”复选框，令自由形特征关于前视基准面对称，并在操作区中显示出此面，如图 3-152 右图所示。

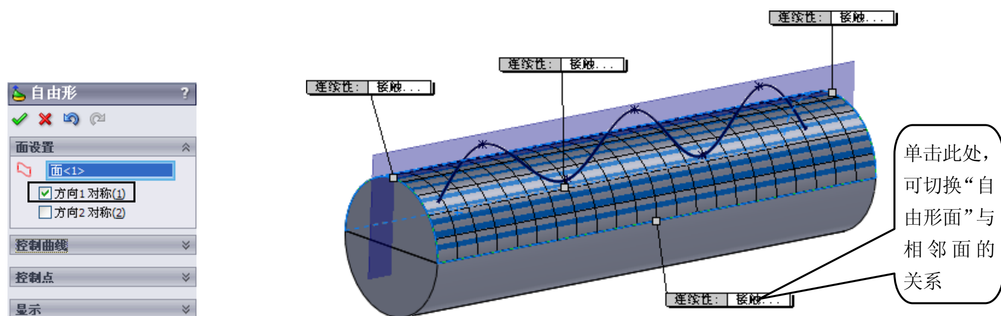


图 3-152　选择参照面并设置对称面

STEP 3 切换到“控制曲线”卷展栏，如图 3-153 左图所示，选择“通过点”单选钮，再单击“添加曲线”按钮，在“对称面”与上部平面的交线附近单击（对称面变色时单击），添加一黄线作为进行变换的控制曲线，如图 3-153 右图所示。

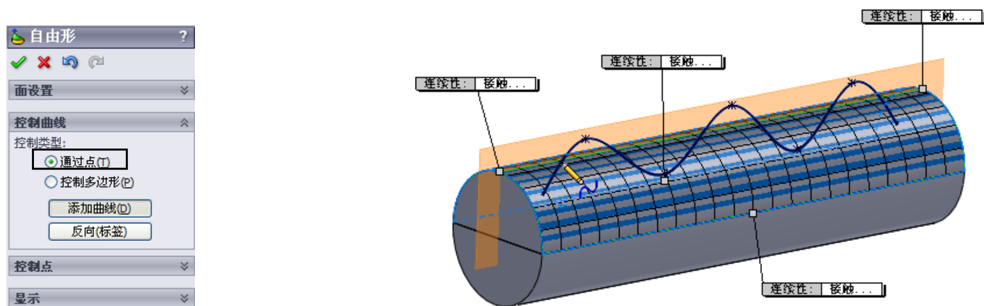


图 3-153　添加变形曲线

STEP 4 切换到“控制点”卷展栏，如图 3-154 左图所示，单击“添加点”按钮（其他选项保持系统默认），在控制线上与样条曲线相关控制点对应的点位置连续单击添加 5 个变形点，如图 3-154 右图所示。

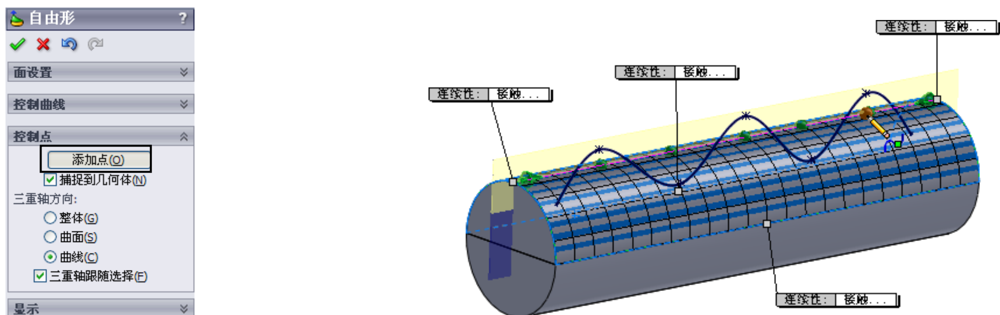


图 3-154　添加变形点

STEP 5 单击“添加点”按钮取消其选中状态，如图 3-155 左图所示，并保持“捕捉到几何体”复选框的选中状态，拖动“步骤 4”中添加的变形点，令其与样条曲线对应的控制点重合，如图 3-155 右图所示。

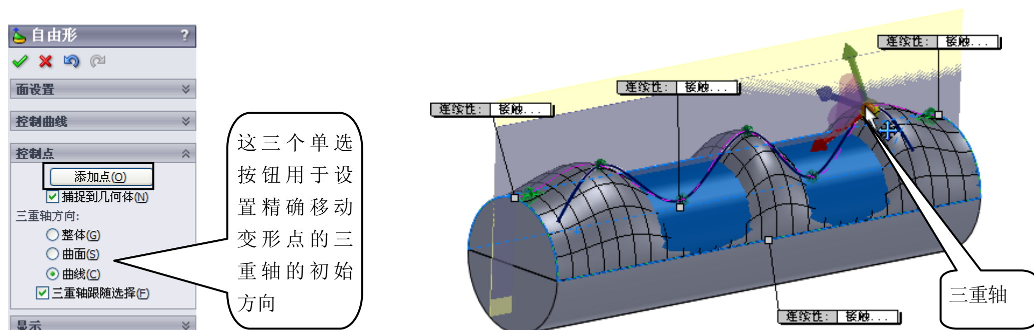


图 3-155　操作变形点

STEP 6 单击“自由形”属性管理器中的“确定”按钮，完成“自由形”特征操作，效果如图 3-156 左图所示，然后右击“样条曲线”选择“隐藏”菜单将其隐藏即可，最终的“手柄”效果如图 3-156 右图所示。

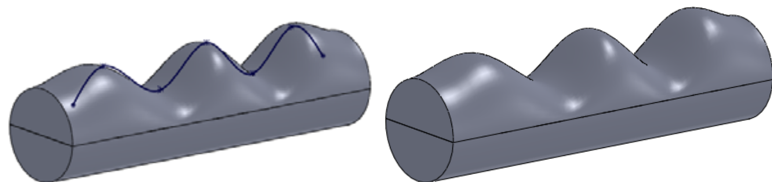


图 3-156　隐藏控制曲线

如图 3-153 左图所示，共有两种控制变形曲线的类型——“通过点”和“控制多边形”，当选择“控制多边形”单选钮时，将通过控制多边形来控制变形曲线的形状，它们的区别如图 3-157 所示。

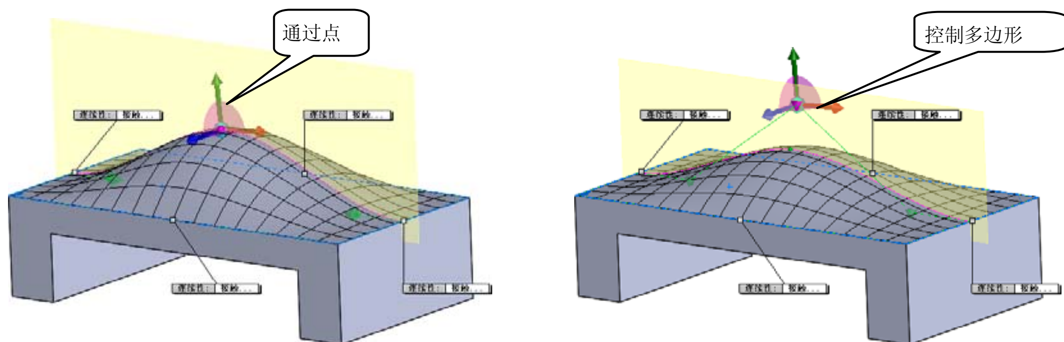


图 3-157　使用“控制多边形”操作曲面的方式

3.10.3 变形特征

变形特征是指根据选定的面、点或边线来改变零件的局部形状，共有三种变形方式：“点”

“曲线到曲线”和“曲面推进”，如图 3-158 到图 3-160 所示。

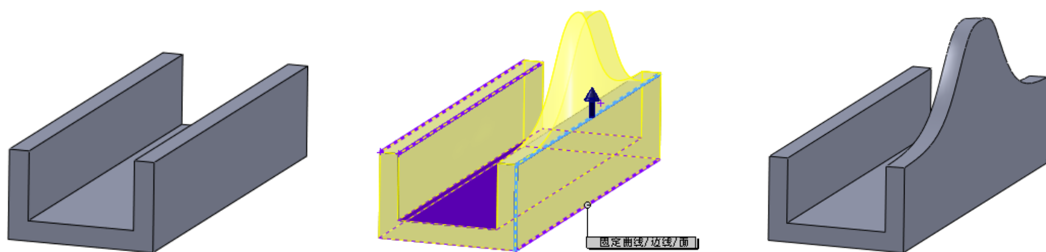


图 3-158 “点”变形

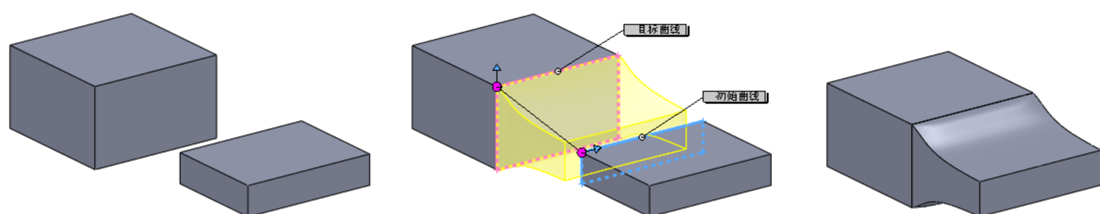


图 3-159 “曲线到曲线”变形

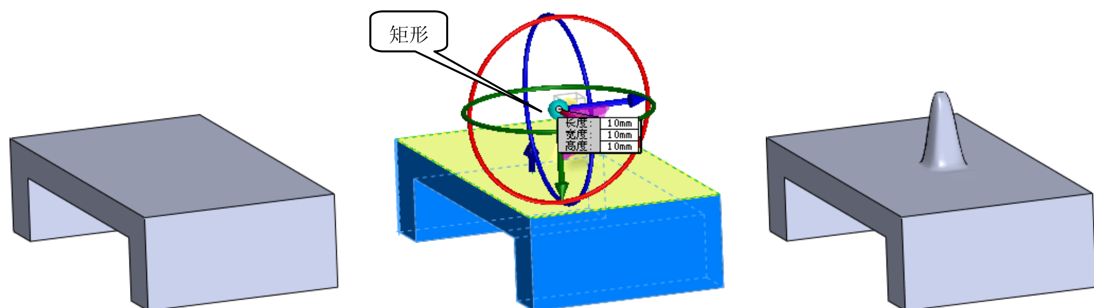


图 3-160 “曲面推进”变形

选择“插入”>“特征”>“变形”菜单，然后选择一种变形方式，并设置相应的选项，如选择设置“初始曲线”和“目标曲线”，如图 3-161 所示，单击“确定”按钮即可生成特型特征。

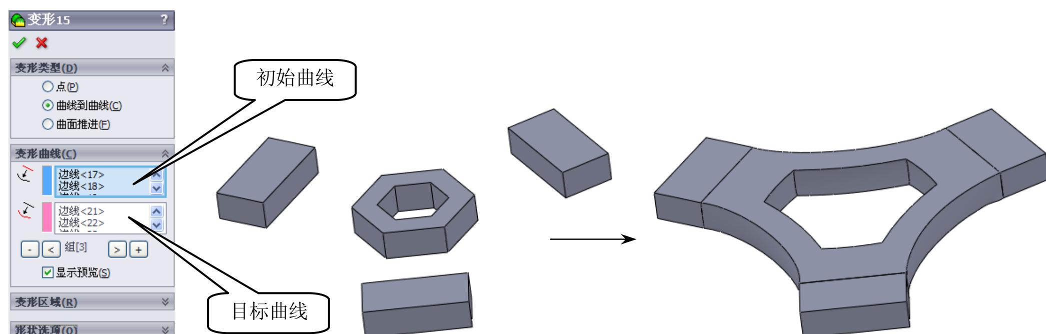


图 3-161 使用“变形特征”完成的模型设计操作



通过“变形区域”卷展栏可以选择设置固定不变的面或线（否则整个实体都将会跟随点、边线等发生变化），“形状选项”卷展栏用于控制变形过程中变形形状的刚性，此处不做过多解释。

3.10.4 压凹特征

压凹特征是指使用一个实体去冲击另外一个实体或片体，就像将片体冲模一样，产生与工具实体类似形状的特征。

选择“插入”>“特征”>“压凹”菜单，打开“压凹”属性管理器，再在绘图区选择进行目标冲压的实体或片体，然后选择工具实体，单击“确定”按钮即可令片体冲压，将实体隐藏后可见到冲压效果，如图 3-162 所示。

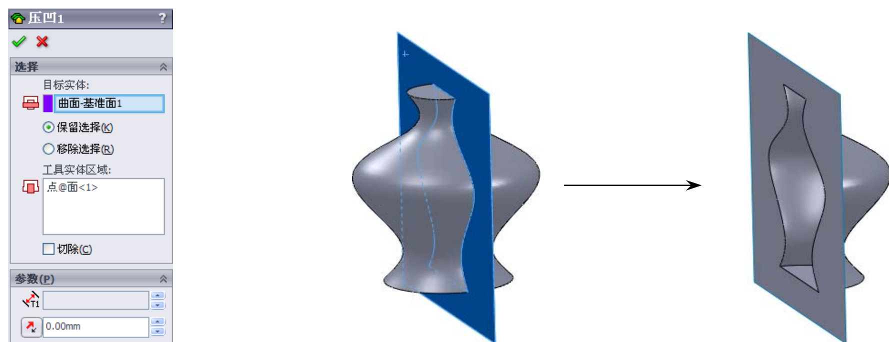


图 3-162 “压凹特征”操作

下面解释一下“压凹”属性管理器中部分选项的作用：

➢ “保留选择”单选钮：用于设置单击的工具实体部分为目标实体或片体被冲压出来的部分，“移除选择”单选钮正好与此相反。
➢ “切除”复选框：选中后将用工具实体区域对目标实体进行切除。
➢ “厚度”文本框：用于设置生成的压凹特征的厚度。
➢ “间隙”文本框：用于设置工具实体到压凹特征的距离。

3.10.5 弯曲特征

弯曲特征是指通过直观的方式对复杂的模型进行变形操作，可以生成“折弯”“扭曲”“锥削”和“伸展”4 种类型的弯曲特征，如图 3-163～图 3-166 所示。

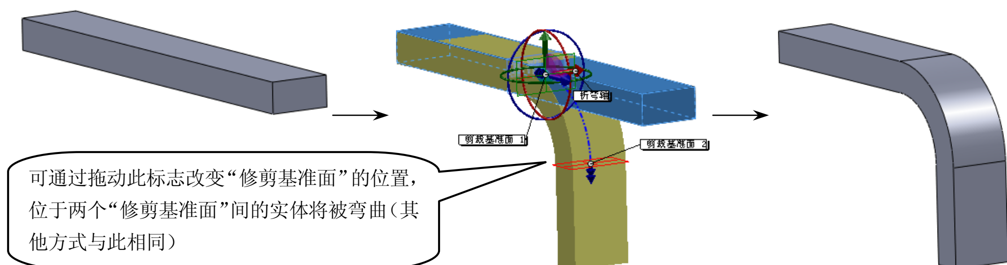


图 3-163 “折弯”弯曲特征

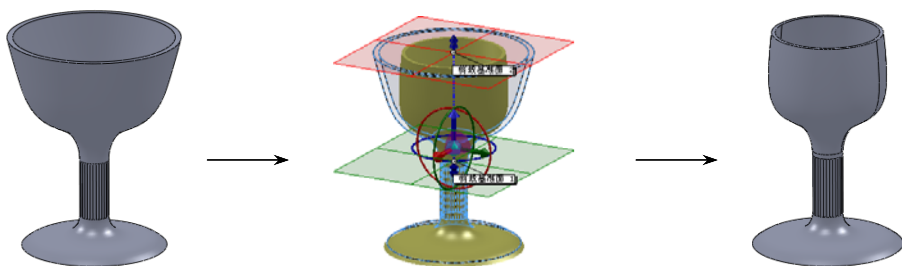


图 3-164 “锥削”弯曲特征

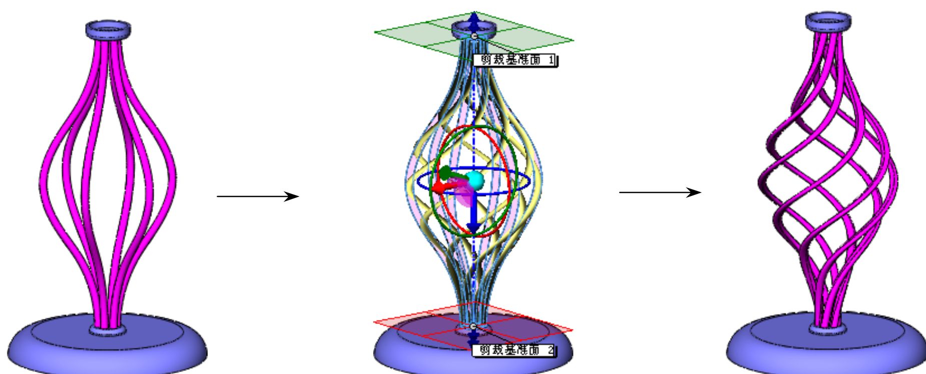


图 3-165 “扭曲”弯曲特征

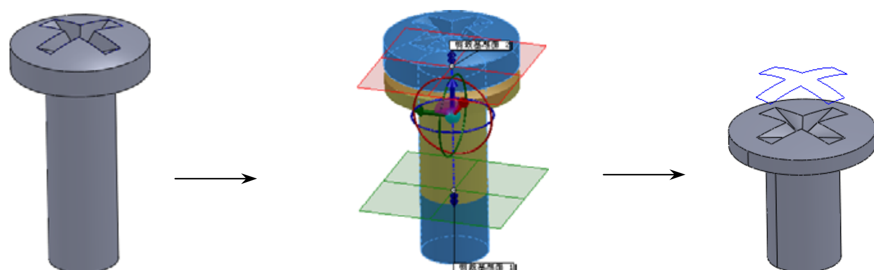


图 3-166 “伸展”弯曲特征

选择“插入”>“特征”>“弯曲”菜单，打开“弯曲”属性管理器，如图 3-167 所示，选择目标实体，再选择一种弯曲类型，并设置三重轴的位置和裁剪基准面的位置等参数，单击“确定”按钮即可将实体弯曲。

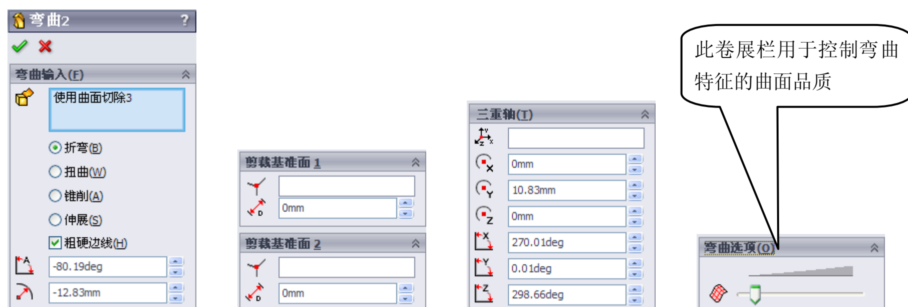


图 3-167 “弯曲”特征属性管理器



3.10.6 包覆特征

包覆特征是将草绘图形包覆在模型表面，以形成浮雕、蚀雕或刻画效果，主要用于印制公司商标以及零件型号等。选择“插入”>“特征”>“包覆”菜单，绘制一草绘图形，并设置好拔模方向和包覆类型，单击“确定”按钮即可生成包覆特征，如图 3-168 所示。

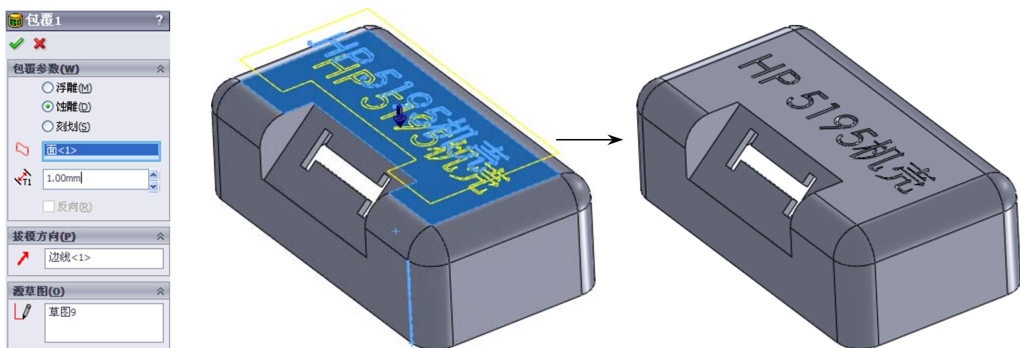


图 3-168 “包覆特征”操作

3.10.7 加厚特征

这里再讲一个比较常用的加厚特征，此特征主要用于将片体（曲面）加厚生成实体（当同时加厚多个曲面时，曲面必须缝合）。

选择“插入”>“凸台/基体”>“加厚”菜单，选择一片体，并设置好加厚的方向和加厚厚度，单击“确定”按钮即可将片体加厚，如图 3-169 所示。

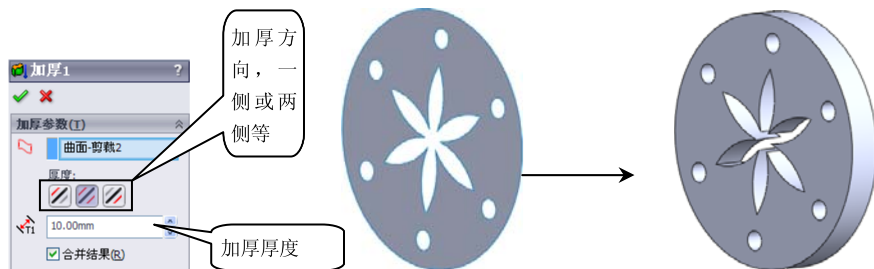


图 3-169 “加厚”特征操作

实例精讲——设计“螺旋桨”

下面讲一个设计“螺旋桨”模型的操作实例，效果如图 3-170 所示。



图 3-170 “螺旋桨”模型效果

【制作分析】

本实例主要用到“弯曲”操作和“圆顶”操作，螺旋桨只需创建一个即可，其他三个可通过阵列特征得到，另外本实例用到了“组合”操作，此操作本书未作重点讲解，读者

也应领会并掌握其用法。

【制作步骤】

STEP 1 打开本书提供的素材文件“螺旋桨素材.SLDPRT”，选择“插入”>“特征”>“弯曲”菜单，打开“弯曲”属性管理器，如图 3-171 左图所示，选择“扭曲”单选钮，移动“三重轴”的圆心位置为螺旋桨的顶角处，如图 3-171 中图所示，再设置扭曲角度为 90°，单击“确定”按钮执行弯曲操作，效果如图 3-171 右图所示。

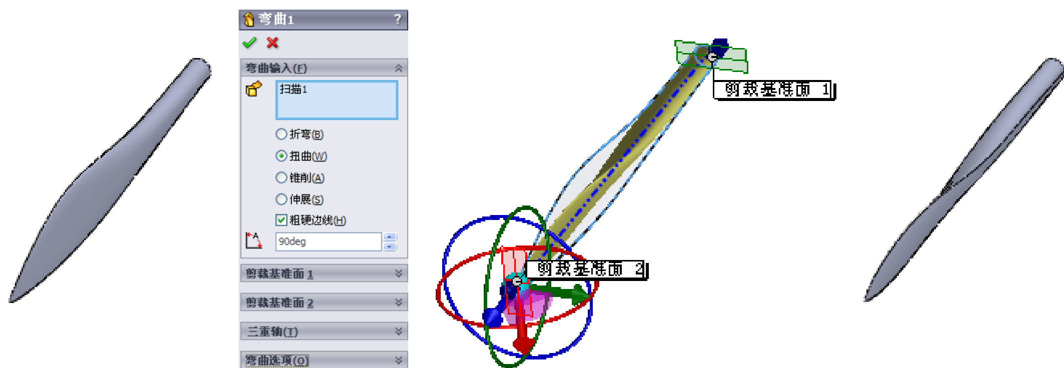


图 3-171 对一个螺旋桨执行“弯曲”操作

STEP 2 在螺旋桨的底端平面草图中绘制一竖直的经过圆心的直线，如图 3-172 所示。

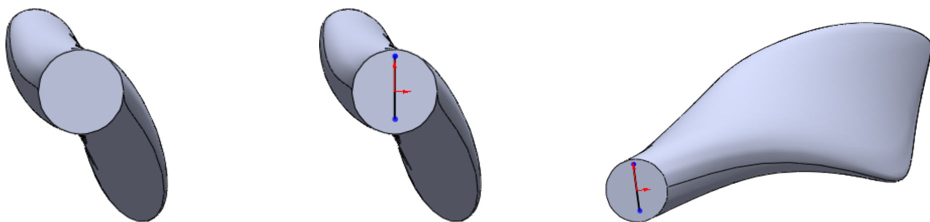


图 3-172 创建中心线

STEP 3 单击“特征”工具栏的“圆周阵列”按钮，打开“圆周阵列”属性管理器，如图 3-173 左图所示，选择“步骤 2”绘制的直线为旋转轴，选择螺旋桨为要阵列的特征，设置旋转角度为 360°，阵列个数为 3，单击“确定”按钮，阵列出另外 2 个螺旋桨，效果如图 3-173 右图所示。

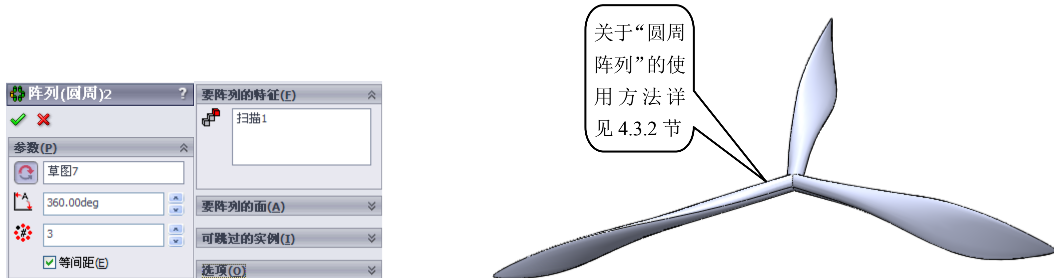


图 3-173 执行阵列操作

STEP 4 在“前视基准面”中创建一如图 3-174 左图所示的草绘图形（草图左侧通过三个螺旋桨的中心交点），再单击“旋转凸台/基体”按钮对其执行旋转操作（注意不要选中“合并效果”复选框），创建螺旋桨的连接体，效果如图 3-174 右图所示。

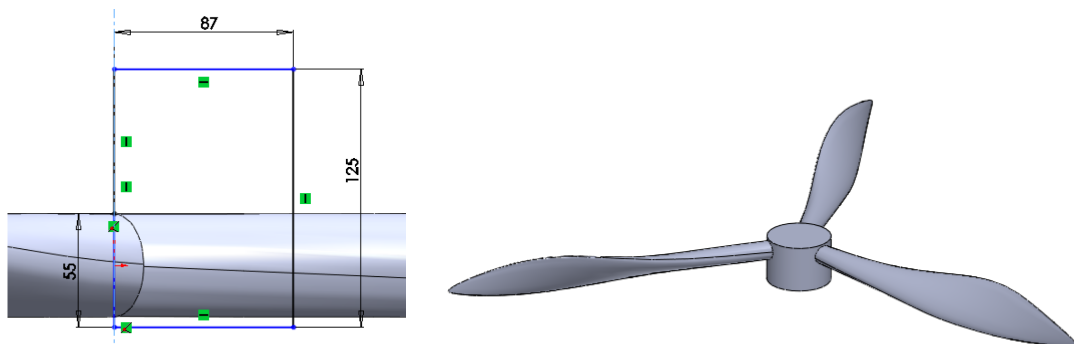


图 3-174　旋转出圆柱体

STEP 5 选择“插入”>“特征”>“弯曲”菜单，打开“弯曲”属性管理器，选择“锥削”单选钮，“锥削因子”设置为-0.3，选择“步骤 4”创建的实体，并通过“三重轴”卷展栏调整三重轴的方向和位置，单击“确定”按钮执行锥削操作，如图 3-175 所示。

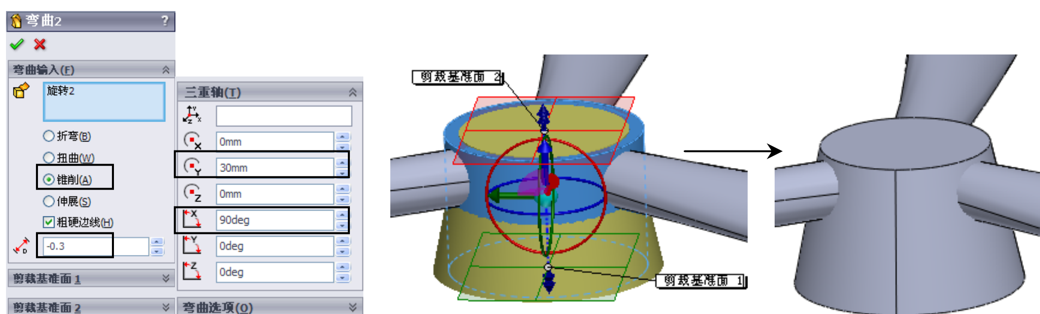


图 3-175　执行“锥削”弯曲操作

STEP 6 选择“插入”>“特征”>“圆顶”菜单，打开“圆顶”对话框，如图 3-176 左图所示，然后选择圆柱的顶部面为基础面，再设置基础面到圆顶面顶部的距离为 90，单击“确定”按钮生成圆顶特征，效果如图 3-176 右图所示。

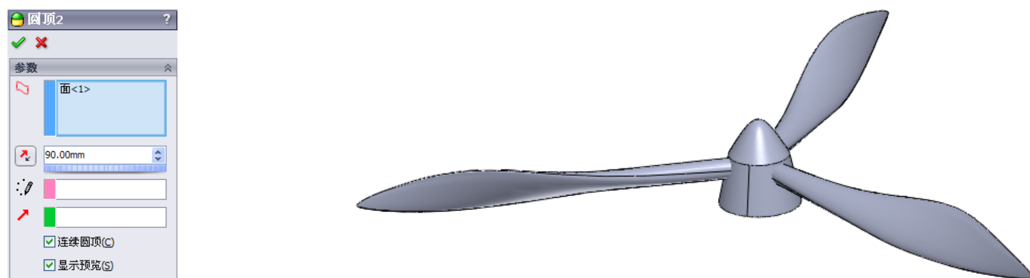
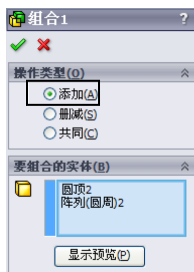


图 3-176　执行“圆顶”操作

STEP 7 选择“插入”>“特征”>“组合”菜单，选择所有实体，以“添加”类型合并选中的实体，如图 3-177 左图所示，再单击“圆角”按钮，设置半径为 10，选择螺旋桨和连接体间的三条边线，进行圆角处理，最终效果如图 3-177 右图所示。



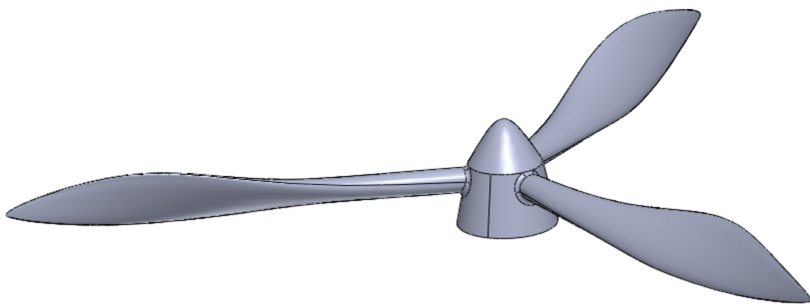


图 3-177 执行组合操作和“圆角”操作

3.11 本章小结

本章主要介绍了拉伸、旋转、扫描和放样基础特征的创建方法，以及孔、倒角/圆角、抽壳和拔模特征等附加特征的创建方法。这些特征都是 SolidWorks 创建三维模型的主要特征。其中拉伸、旋转、扫描、放样、孔、倒圆角、抽壳和拔模特征较常用。

3.12 思考与练习

一、填空题

（1）拉伸特征是生成三维模型时最常用的一种方法，其原理是将一个__________________________形成特征。

（2）旋转特征是将______________绕______________旋转一定角度而生成的特征。

（3）扫描特征是指草图轮廓沿一条__________移动获得的特征，在移动过程中用户可设置一条或多条__________，最终可生成__________或__________特征。

（4）筋特征是用来增加零件强度的结构，它是由__________________生成的特殊类型的拉伸特征。

（5）利用异型孔向导，可在模型上生成____________、____________、____________等多功能孔。

（6）当产品周围的棱角过于尖锐时，为避免割伤使用者，可以使用____________或____________特征令其变得圆滑。

（7）圆角操作时，选择____________复选框，圆角边线将调整为连续和平滑，而模型边线被更改以与圆角边线相匹配。

（8）拔模特征中，__________决定了拔模方向，__________的 Z 轴方向为零件从铸模中弹出的方向。

二、问答题

（1）有几种拉伸特征？分别通过哪些按钮实现这么拉伸特征？

（2）创建扫描特征时，如何设置“截面”图形在扫描过程中的方向和扭转方式？

（3）可以使用哪个特征创建螺纹，简述其操作？

（4）放样特征中，中心线的作用是什么，中心线和引导线的区别是什么？

（5）孔特征包括哪些类型，其不同是什么？

（6）在创建倒角时，“保持特征”的作用是什么？

（7）有哪几种圆角类型，简述其不同。

（8）创建拔模特征的目的是什么？

（9）简述创建拔模特征的一般步骤。

（10）如果模型中包括圆角、壳和拔模特征，三者的创建顺序是什么？

三、操作题

（1）试绘制如图 3-178 所示的“元宝”模型。

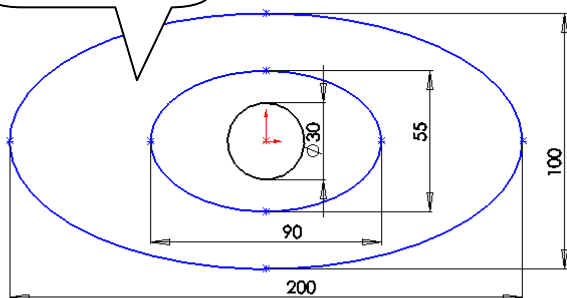


图 3-178　需绘制的“元宝”模型



提示

可使用扫描特征创建，详见图 3-179、图 3-180 和图 3-181 所示（请自行查找并添加必要位置的相等约束）。



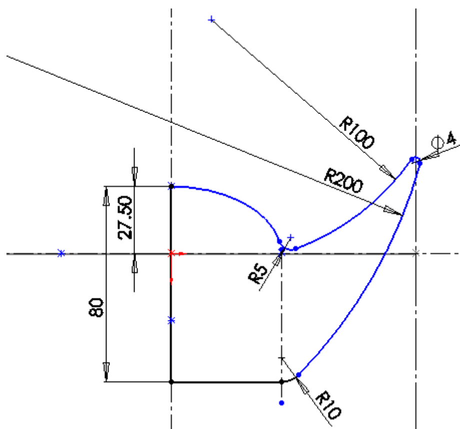


图 3-179　绘制“元宝”的截面图形

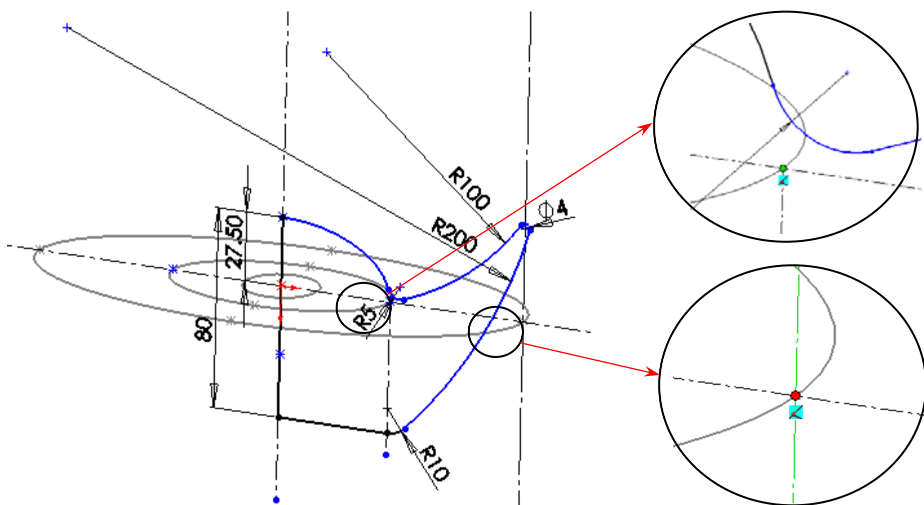


图 3-180 “元宝”截面图形的细节

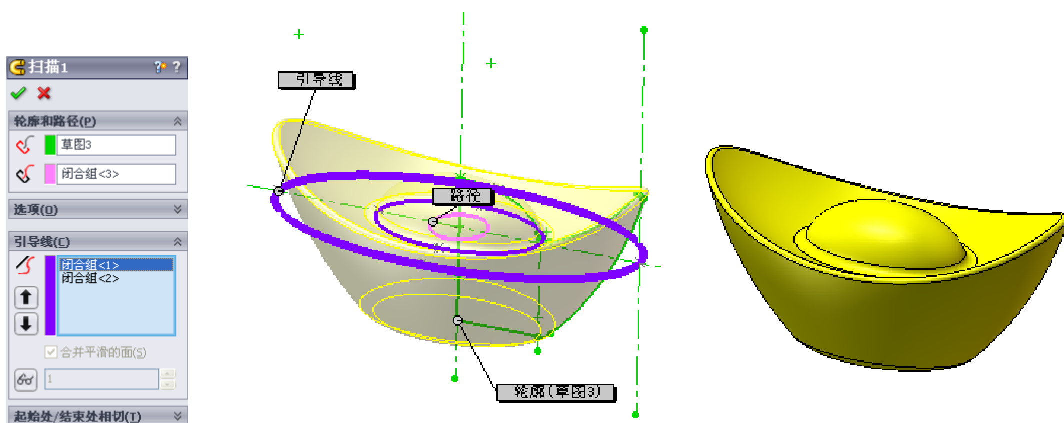


图 3-181 元宝扫描操作

（2）试创建如图 3-182 所示的“圆角”。

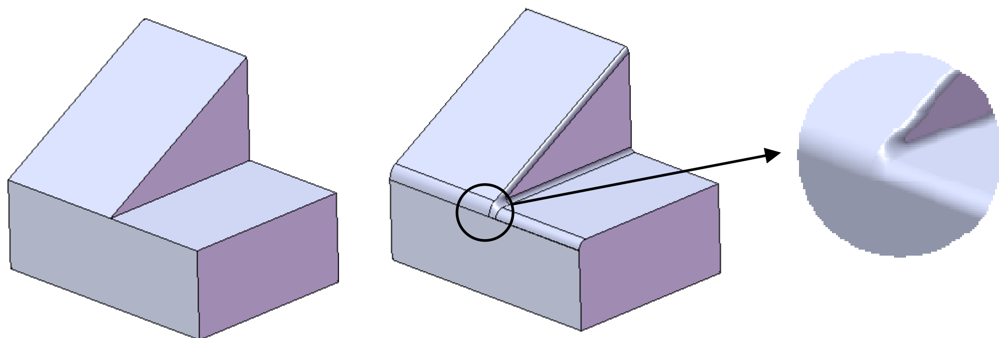


图 3-182 需创建的圆角


提示

可参考图 3-183 所示步骤进行创建。

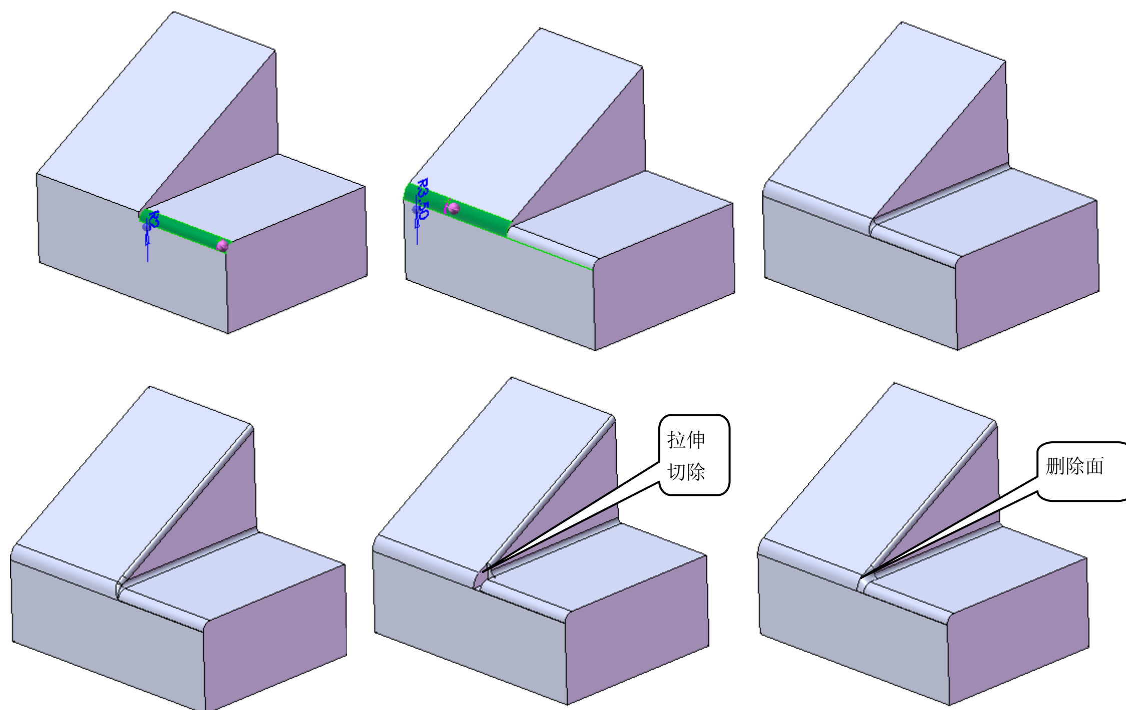


图 3-183 “圆角”操作步骤

第 4 章　参考几何体和特征编辑

本章要点

- 参考几何体
- 常用的特征编辑操作
- 镜向与阵列

学习目标

可以使用参考几何体辅助创建特征和定义零件的空间位置；可以对不符合要求的几何体进行修改或重定义；另外对于相同或相似的特征，还可以使用镜像与阵列特征进行创建，从而提高产品设计的效率。本章将讲解上述内容。

4.1　参考几何体

在建模的过程中我们经常会用到基准平面、基准轴以及基准坐标等参考几何体（也被称为基准特征），如图 4-1 左图所示，通过这些参考几何体可以确定实体的位置和方向。使用“创建几何体”工具栏中的按钮可以创建参考几何体，如图 4-1 右图所示。

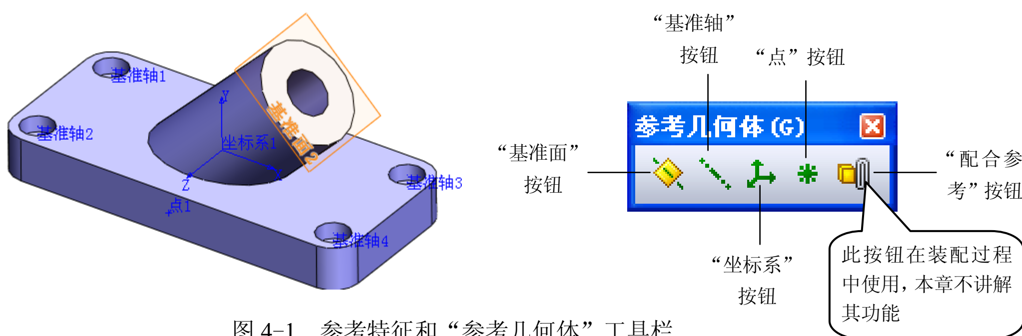


图 4-1　参考特征和“参考几何体”工具栏

4.1.1　基准面

如前所述，在使用 SolidWorks 设计零件时，系统默认提供了前视、右视和上视 3 个默认的互相垂直的基准面来作为零件设计和其他操作的参照，但是在很多情况下，仅仅依赖这 3 个基准面还是远远不够的，我们还必须根据需要来创建其他基准平面。

实际上，在 SolidWorks 中创建基准面更类似于使用位置约束定义基准面的位置。如图 4-2 所示，单击“特征”工具栏中的“基准面”按钮，打开“基准面”属性管理器，然后选择

参照来定义基准面的位置（选择面、线和点都可以），完成定义后，单击“确定”按钮即可完成基准面的创建。

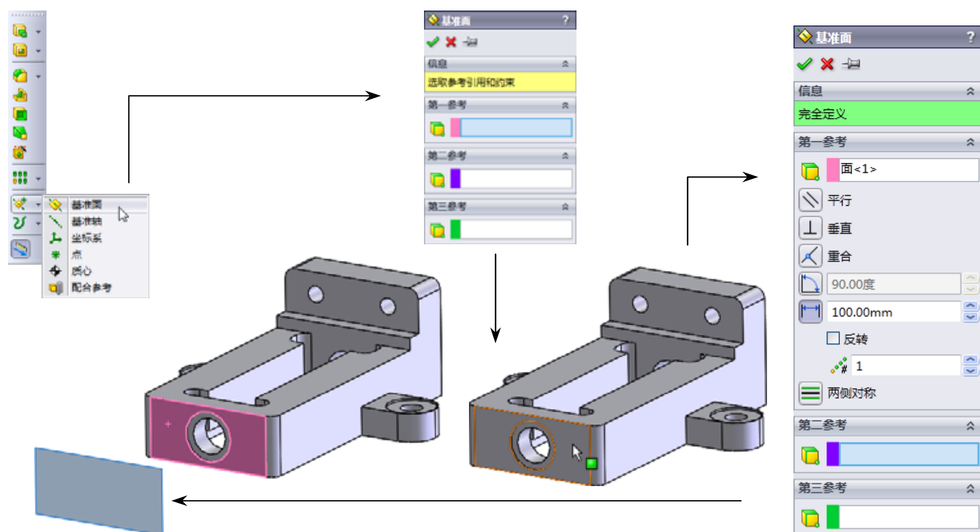


图 4-2　创建“基准面”操作

基准面的定位参考方式与前面第 2 章讲述的草图几何关系类似，通常有“平行”“垂直”“重合”“两面夹角”等定位类型，用户根据需要选择使用即可。


提示

> 通过上图，可发现 SolidWorks 共提供了 3 个参考用于创建基准面，实际上通常使用一到两个参考即可，如使用一个或两个参照已经将基准面完全固定（完全定义），则无需使用更多参照（此处使用了面的距离方式，所以只需一个参照即可）。

4.1.2 基准轴

基准轴是创建其他特征的参照线，主要用于创建孔特征、旋转特征，以及作为阵列复制与旋转复制的旋转轴，如图 4-3 所示。

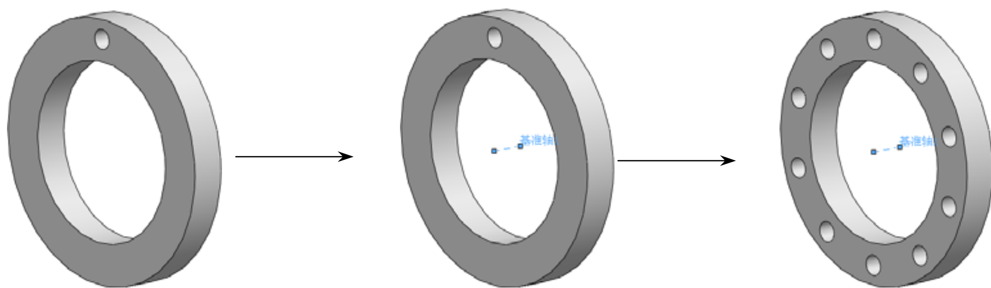


图 4-3　创建的“基准轴”和用“基准轴”创建的圆周阵列

要创建如图 4-3 所示的基准轴，可单击“参考几何体”工具栏中的“基准轴”按钮，打开“基准轴”属性管理器，如图 4-4 所示，然后选择圆环的内表面，并单击“确定”按钮即可。



图 4-4 “基准轴”属性管理器



> 将在本章第 3 节讲述图 4-3 右图所示的“圆周阵列”特征的创建方法。

如图 4-4 所示，除了上面介绍的通过“圆柱/圆锥面”方式创建基准轴外，还有如下几种创建基准轴的方式：

- “一直线/边线/轴”方式：以某一直线、边线或轴作为参照创建基准轴，生成的基准轴与选作参照的直线、边线或轴重合，如图 4-5 左上图所示。
- “两平面”方式：创建与两个参考平面的交线重合的基准轴，如图 4-5 右上图所示。
- “两点/顶点”方式：创建通过两个点的基准轴，如图 4-5 左下图所示。
- “点和面/基准面”方式：创建通过一个点，且与基准面垂直的基准轴，如图 4-5 右下图所示。

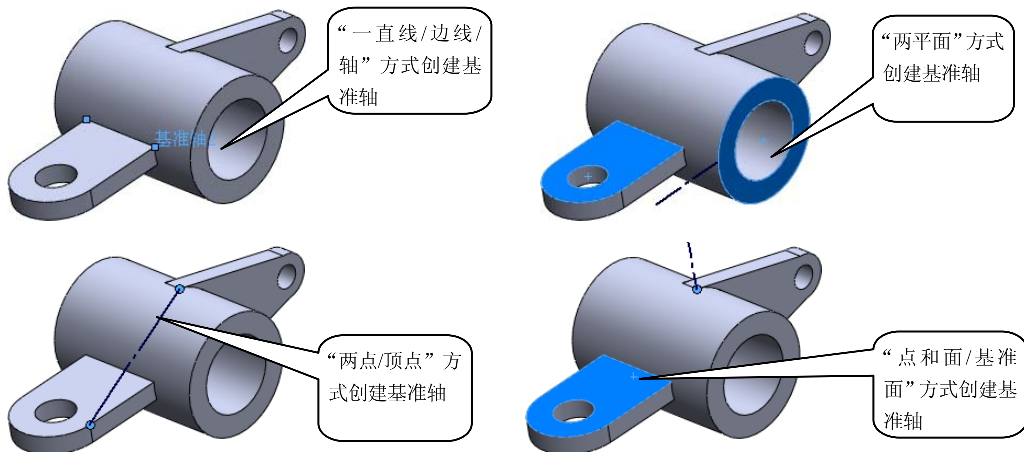


图 4-5 几种基准轴的创建方式

4.1.3 坐标系

在 SolidWorks 中，用户创建的坐标系，也被称为基准坐标，主要在装配和分析模型时使用，在创建一般特征时，基本用不到坐标系。

单击“参考几何体”工具栏中的“坐标系”按钮，打开“坐标系”属性管理器，如图 4-6 左图所示，然后选择一点作为坐标系的位置，再依次选择几条边线（或点）确定坐标系三条轴的方向（也可使用系统默认设置的坐标轴方向），单击“确定”按钮即可创建一坐标系，如图 4-6 中图和右图所示。

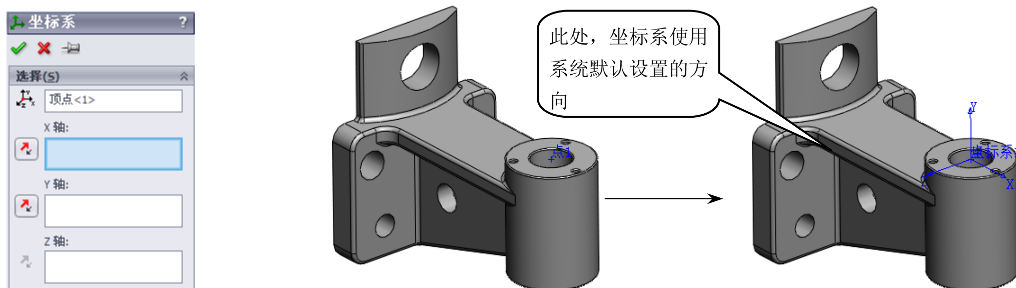


图 4-6 创建“坐标系”的操作

4.1.4 点

在 SolidWorks 中，基准点主要用于创建优秀的空间曲线，如图 4-7 所示，空间曲线是创建曲面的基础，将在第 5 章中讲述其创建方法。

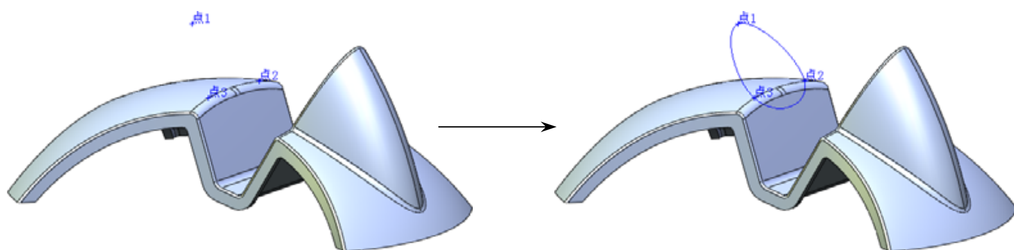


图 4-7 使用“点”创建空间曲线

单击“参考几何体”工具栏中的“点”按钮，打开“点”属性管理器，如图 4-8 左图所示，然后选择一段圆弧作为创建点的参照，单击“确定”按钮即可创建一基准点，如图 4-8 中图和右图所示。

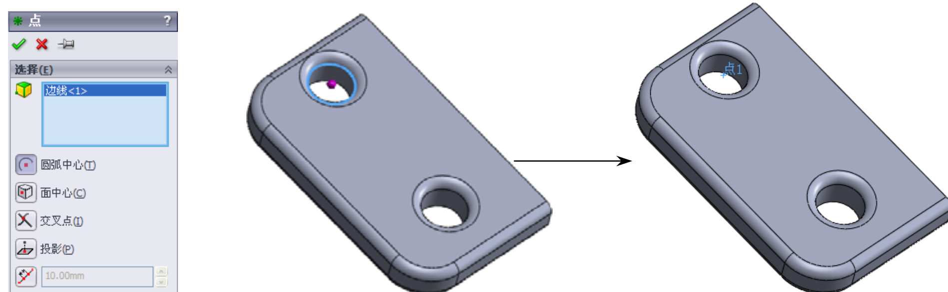


图 4-8 创建“点”

如图 4-8 左图所示，除了上面介绍的通过“圆弧中心”方式创建基准点外，还有如下几种创建基准点的方式：

- “面中心”方式：以某一面为参照，创建与其中心点重合的基准点，如图 4-9 左上图所示。
- “交叉点”方式：以两条基准曲线为参照创建与其中心重合的基准点，如图 4-9 右上图所示。

➢ “投影”方式：创建一个点到一个平面的垂直投影点，如图 4-9 左下图所示。
➢ “沿曲线距离或多个参考点”方式：以一条曲线或边线为参照，以“百分比”“距离”和“均匀分布”的方式创建位于此曲线上的一个或多个基准点，如图 4-9 右下图所示。

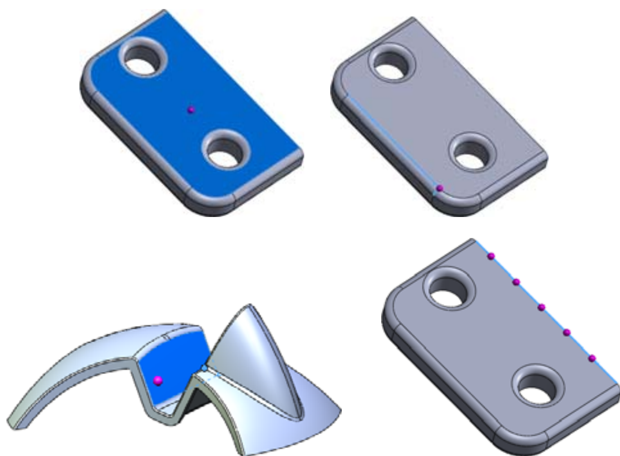


图 4-9　创建“点”的其他几种方式

4.2　常用的特征编辑操作

特征设计完成后，如果不符合要求，可以对其进行修改或重定义；对于相同或相似的特征，还可以使用镜像与阵列等操作来完成，以提高设计和开发的效率，本节将逐一介绍这些特征。

4.2.1　压缩/解除压缩

当模型非常大时，为了节约创建、对象选择、编辑和显示的时间，或者为了分析工作和在冲突几何体的位置创建特征，可压缩模型中的一些非关键特征，将它们从模型和显示中移除，具体操作如下。

在特征管理器中选择需压缩的特征，单击“特征”工具栏中的“压缩”按钮（或在特征管理器中右击需压缩的特征，然后在弹出的快捷工具栏中选择“压缩”按钮，如图 4-10 左图所示），可将特征压缩，如图 4-10 右图所示。

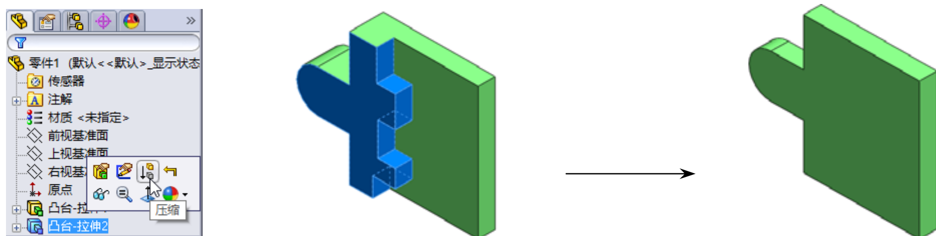


图 4-10　压缩特征操作

要解除特征的压缩状态，可在特征管理器中选择需解除压缩的特征，然后单击“特征”工具栏中的“解除压缩”按钮（或在特征管理器右击需压缩的特征，然后在弹出的快捷工

具栏中选择“压缩”按钮）。



特征被压缩后将从模型中移除（但没有删除），特征从模型视图上消失并在特征管理器中显示为灰色。

4.2.2 编辑特征参数

可以通过编辑特征的参数来重新定义特征，主要包括重定义特征属性和重定义特征草图等方式，下面介绍其操作。

1. 重定义特征属性

右键单击要进行重定义的特征，在弹出的快捷工具栏中选择“编辑特征”按钮，如图 4-11 左图所示，将打开此特征的属性管理器，通过此属性管理器可对特征的各个参数进行重新设置，如图 4-11 中图和右图所示。

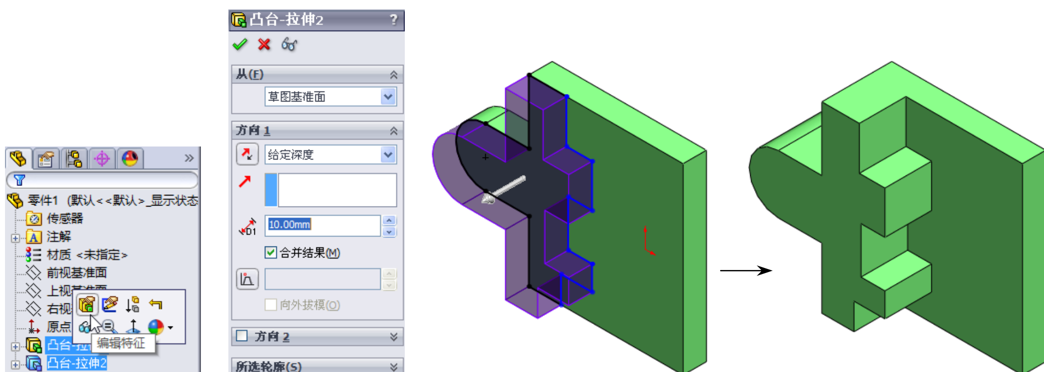


图 4-11　重定义特征

重定义特征属性的操作与创建特征的操作基本相同，不同的特征对应不同的属性管理器，应注意重定义特征属性后对其他特征的影响。

2. 重定义特征草图

可以直接重定义特征草图来编辑特征。右键单击要进行重定义的特征，在弹出的快捷工具栏中选择“编辑草图”按钮，如图 4-12 左图所示，将进入此特征的草绘模式，然后对草图进行修改即可达到编辑特征的目的，如图 4-12 中图和右图所示。

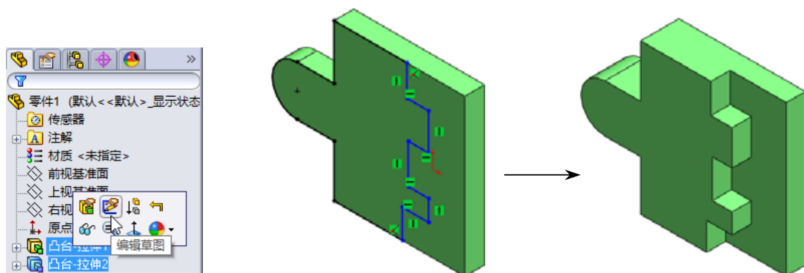


图 4-12　重定义特征草图

4.2.3 动态修改特征

单击“特征”工具栏中的“Instant3D”按钮，可以通过拖动控标或标尺来动态修改模型特征，如图 4-13 和图 4-14 所示。

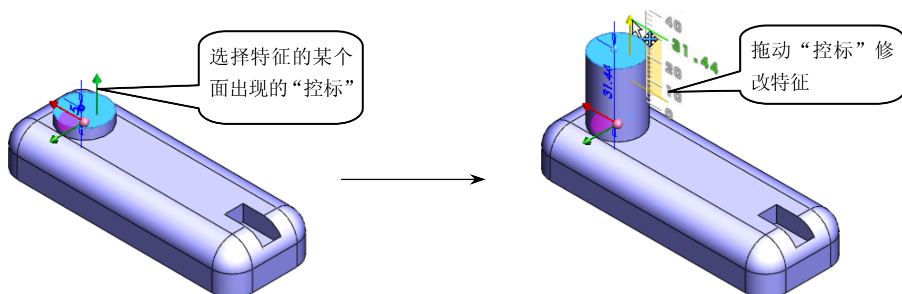


图 4-13 通过拖动控标动态修改特征

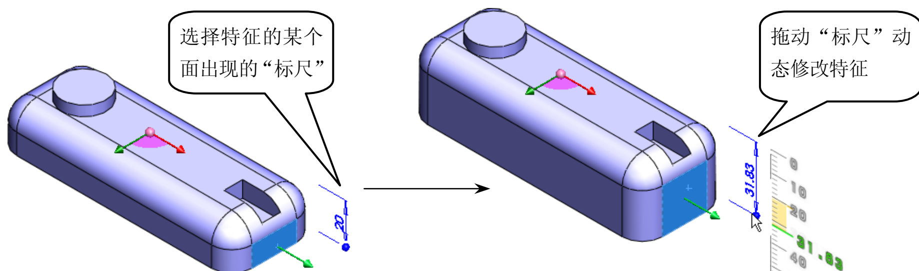


图 4-14 通过拖动标尺动态修改特征



在动态修改特征的过程中，可通过将鼠标移动到标尺的刻度上来精确模型修改后的尺寸，如图 4-15 所示。

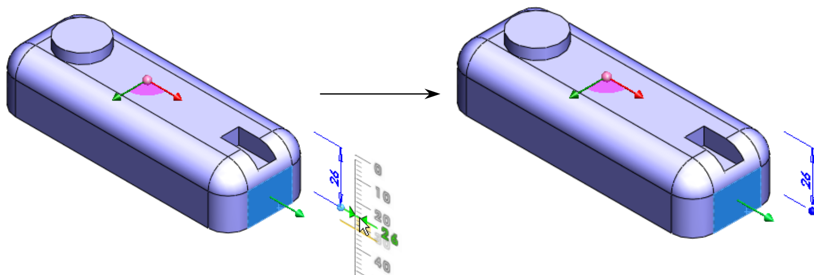


图 4-15 精确模型修改后的尺寸

4.3 镜向与阵列

在创建零件模型时，有时需要按照一定的分布规律创建大量相同的特征或对称的特征，



这就需要用到阵列或镜像特征，本节介绍其操作。

4.3.1 线性阵列

线性阵列用来沿着一个或两个方向以固定的间距复制出多个新特征，如图 4-16 所示。

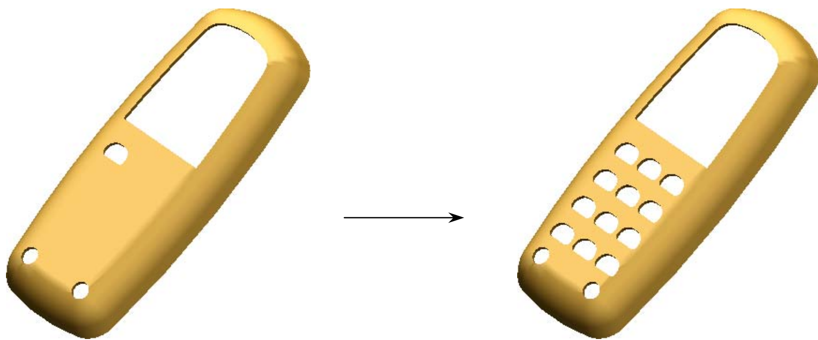


图 4-16 线性阵列特征

要创建图 4-16 所示线性阵列，可执行如下操作：

STEP 1 打开本书提供的素材文件 4-3-1.SLDPRT，如图 4-17 左图所示。在左侧模型树中选中要进行阵列的特征“切除-拉伸 2”，如图 4-17 右图所示。

STEP 2 单击“特征”工具栏的“线性阵列”按钮，打开“线性阵列”属性管理器，如图 4-18 左图所示。选择模型右侧的竖直边线作为线性阵列“方向 1”的参照，如图 4-18 右图所示，再在“线性阵列”属性管理器中分别设置在此方向上线性阵列的“间距”和“实例数”分别为 14 和 3，完成线性阵列在此方向上的设置。



图 4-17 素材文件和选中的切除拉伸特征



图 4-18 设置阵列方向 1

STEP 3 展开“方向 2”卷展栏，并选中方向 2 的“阵列方向”列表框，如图 4-19 左图所示，再选择模型中的“尺寸标注”作为方向参照，同“步骤 2”的操作，设置此方向上阵列的“间距”和“实例数”分别为 15 和 4，单击“确定”按钮完成线性阵列的创建，如图 4-19 右图所示。

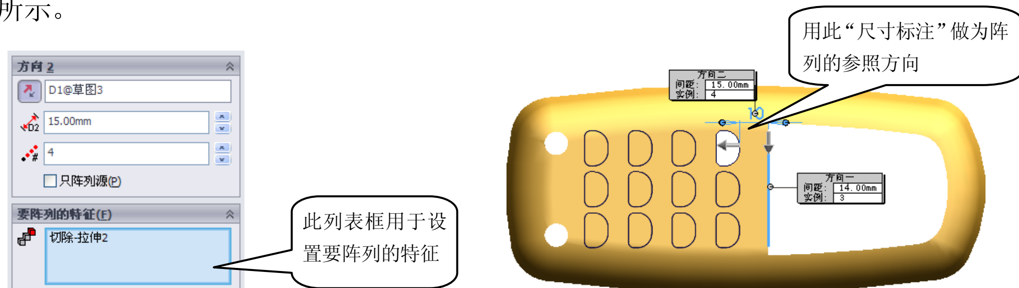


图 4-19 设置阵列方向 2



选中图 4-19 左图所示的“只阵列源”复选框，在方向 2 上将只复制源特征，而不复制方向 1 上生成的阵列实例，如图 4-20 所示。

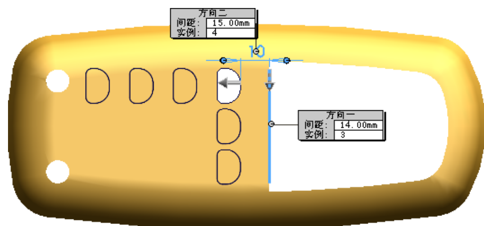


图 4-20 “只阵列源”操作

除了上面介绍的选项外，“线性阵列”特征还具有如图 4-21 所示几个卷展栏，其作用分别为：

- “要阵列的面”卷展栏：使用特征的面生成阵列，此时需要选择特征的所有面，并且生成的阵列特征必须位于同一面或同一边界内。
- “要阵列的实体”卷展栏：对实体进行阵列操作，如图 4-21 右图所示。

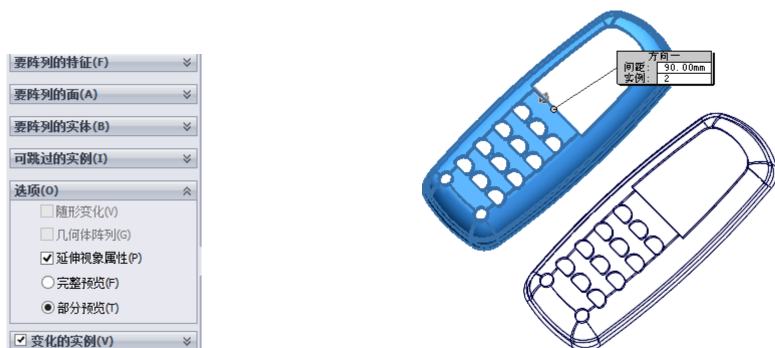


图 4-21 “线性阵列”特征的其他卷展栏和“可跳过的实例”卷展栏的作用

- “可跳过的实例”卷展栏：可在此卷展栏中选择生成阵列时跳过图形区域中选择的阵列实例，如图 4-22 左图所示。
- “特征范围”卷展栏：在多实体零件中执行阵列操作时显示此卷展栏，用于设置阵列特征的应用范围，如图 4-22 右图所示。

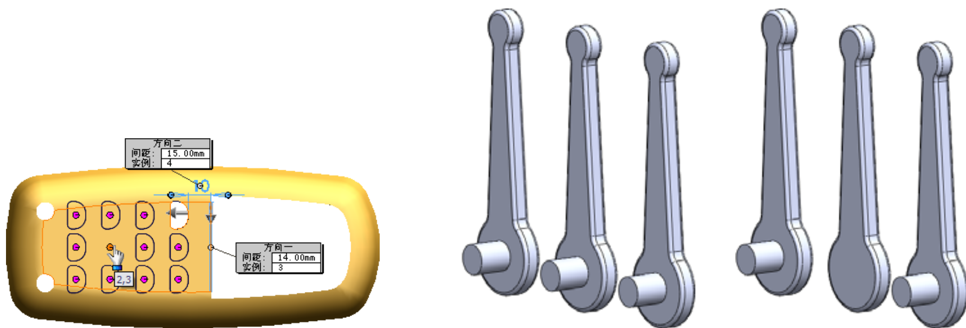


图 4-22　跳过某些阵列实例和“特征范围”卷展栏的作用

- “选项”卷展栏：“随形变化”和“几何体阵列”复选框用于设置或取消阵列特征随“尺寸约束”改变（具体作用可参考其他资料）；“延伸视象属性”复选框用于设置将源特征的颜色、纹理和装饰螺纹数据延伸给阵列实例。
- “变化的实例”卷展栏：可创建间距递增的阵列，如图 4-23 所示。

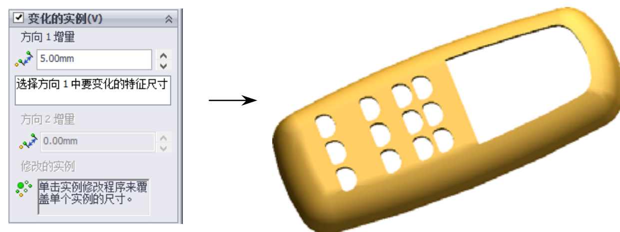


图 4-23　“变化的实例”卷展栏的作用

4.3.2 圆周阵列

圆周阵列是指绕一轴线生成指定特征的多个副本的操作。创建圆周阵列时必须有一个用来生成阵列的轴，该轴可以是实体边线、基准轴或临时轴等。例如，图 4-24 所示的特征就是通过圆周阵列生成的。

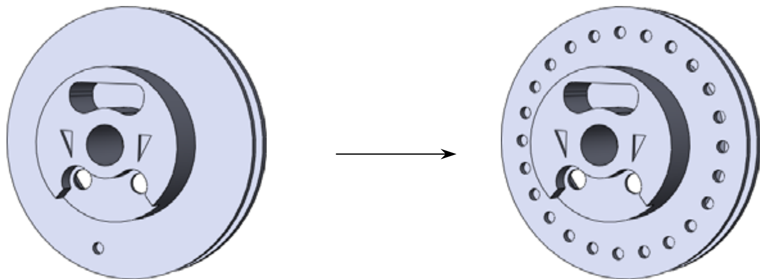


图 4-24　圆周阵列

要创建图 4-24 所示圆周阵列，可执行如下操作：

STEP 1 打开本书提供的素材文件“圆周阵列素材.SLDPRT”，如图 4-24 左图所示，在左侧模型树中选中要进行阵列的特征“切除-拉伸 4”。

STEP 2 单击“特征”工具栏“线性阵列”右侧的下拉按钮，选择“圆周阵列”列表项，打开“圆周阵列”属性管理器，如图 4-25 左图所示。

STEP 3 选择“阵列轴”列表框，再在绘图区中选择模型中间的圆孔，以此孔的轴线作为圆周阵列的旋转轴，如图 4-25 右图所示。然后在“圆周阵列”属性管理器中设置“角度”和“实例数”，单击“确定”按钮完成圆周阵列的创建，效果如图 4-24 右图所示。

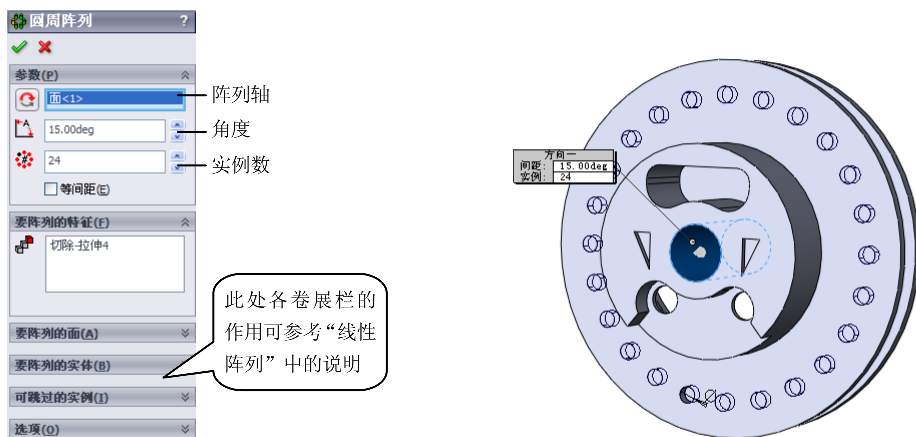


图 4-25 “圆周阵列”属性管理器和圆周阵列的预览状态

4.3.3 镜向

“镜向”指的是沿着某个平面镜像产生原始特征的副本，副本和原始特征关于这个平面对称，且完全相同。镜向特征一般多用来生成对称的零部件，例如图 4-26 所示特征即是使用此方法生成的。

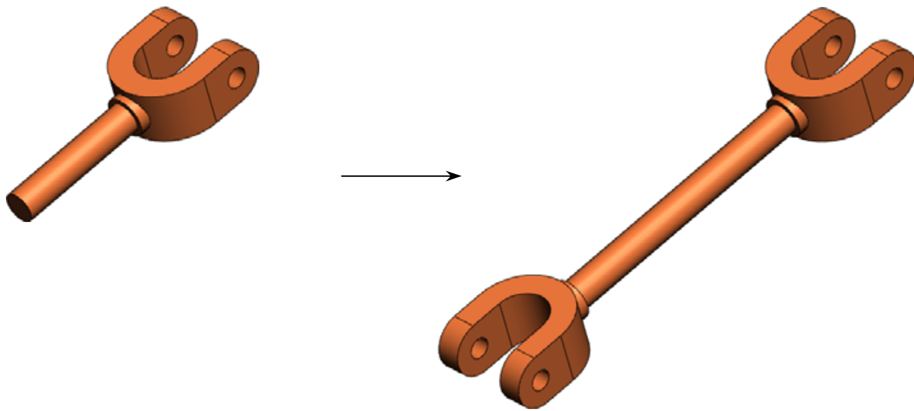


图 4-26 “镜向”特征

要创建图 4-26 所示镜向特征，可执行如下操作：

STEP 1 打开本书提供的素材文件“镜向素材.SLDPRT”，如图 4-26 左图所示。单击“特征”工具栏“线性阵列”右侧的下拉按钮，选择“镜向”列表项，打开“镜向”属性管理器，如图 4-27 左图所示。

STEP 2 选择模型下侧的平面作为镜向面，如图 4-27 右图所示，再选择整个素材作为要镜向的实体，单击“确定”按钮完成圆周阵列的创建，效果如图 4-26 右图所示。

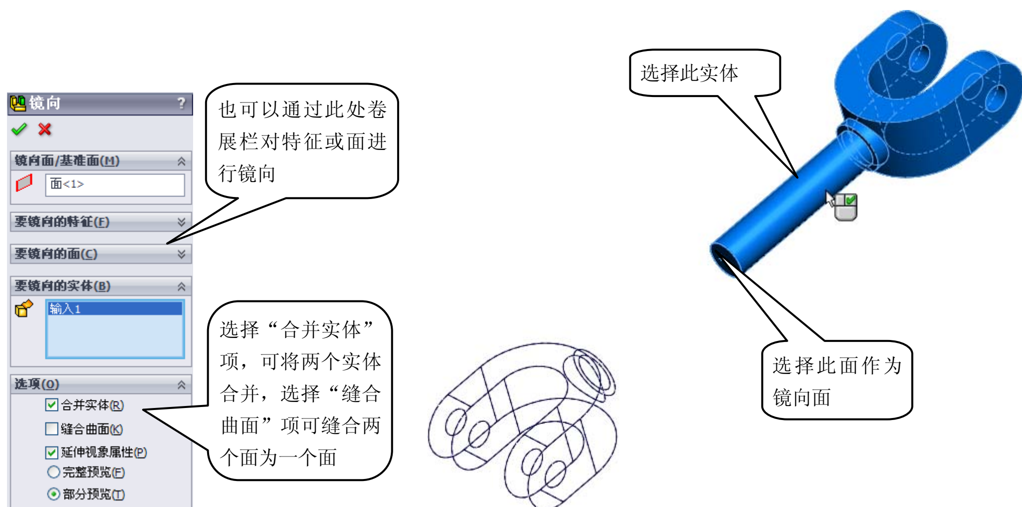


图 4-27 “镜向”特征管理器和镜像操作

4.3.4 曲线驱动的阵列

曲线驱动的阵列是指按照固定的成员间隔或成员数量沿着某条曲线来放置阵列成员，以此生成阵列，如图 4-28 所示。

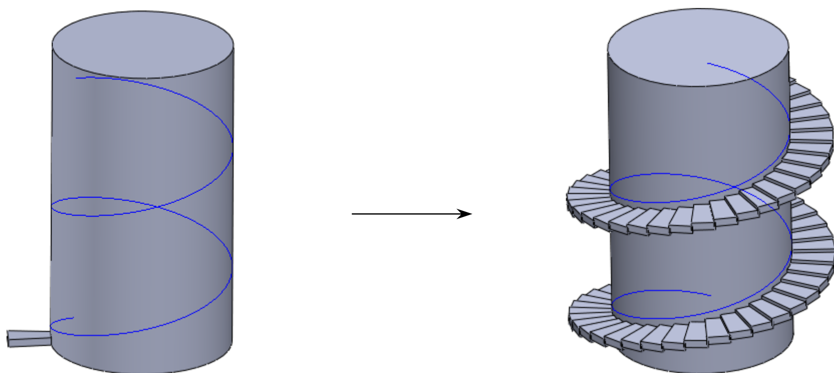


图 4-28 曲线驱动的阵列

要创建图 4-28 所示“曲线驱动的阵列”特征，可执行如下操作：

STEP 1 打开本书提供的素材文件“曲线驱动的阵列素材.SLDPRT”，如图 4-28 左图所示。单击“特征”工具栏“线性阵列”右侧的下拉按钮，选择“曲线驱动的阵列”列表项，打开“曲线驱动的阵列”属性管理器，如图 4-29 左图所示。

STEP 2 在绘图区中选择素材文件提供的螺旋线作为曲线驱动阵列的“阵列方向”，并设置“实例数”为 80、“间距”为 10，如图 4-29 左侧两个图所示，再在“曲线驱动的阵列”属性管理器中选中“要阵列的特征”列表框，在绘图区中选择圆柱下端的“拉伸”特征作为阵列对象，如图 4-29 右侧两个图所示。

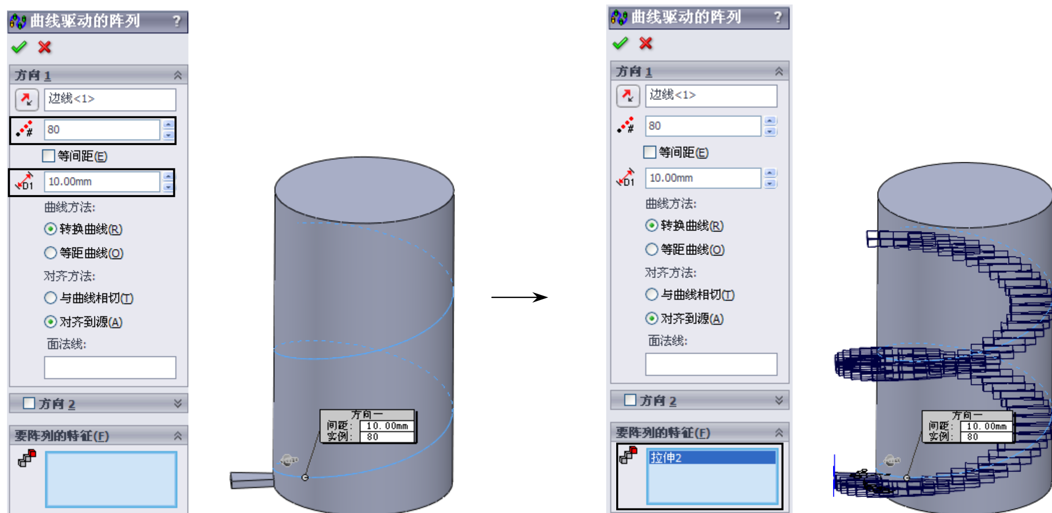


图 4-29　选择阵列方向和阵列特征

STEP 3 通过上述操作可以发现阵列特征没有绕着曲线旋转，为了实现此目的，在“曲线驱动的阵列”属性管理器中设置对齐方法为“与曲线相切”，并选择圆柱的外表面作为 3D 曲线所位于的面，然后设置曲线方法为“等距曲线”，如图 4-30 所示，单击“确定”按钮完成曲线驱动阵列的创建，效果如图 4-28 右图所示。

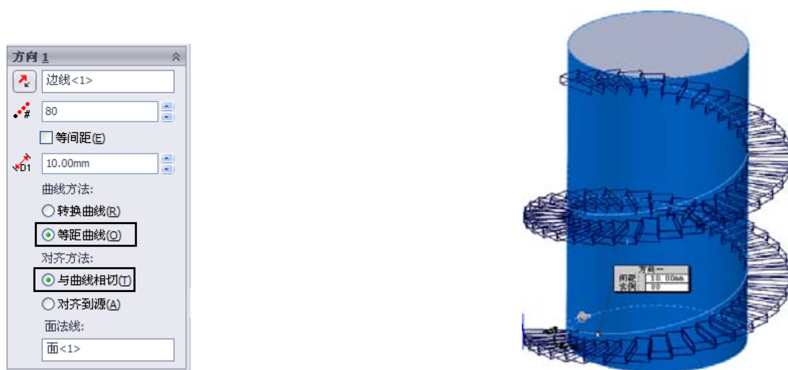


图 4-30　设置“曲线驱动的阵列”对象与方向曲线相切

除了上面介绍的选项外，这里着重介绍一下“曲线驱动的阵列”特征中“曲线方法”和“对象方法”选项组（如图 4-30 左图所示）的作用：

- “转换曲线”单选钮：所有阵列特征到所选曲线原点的距离均与源特征到所选曲线原点的△X 和△Y 的距离相等。
- “等距曲线”单选钮：所有阵列特征到所选曲线原点的垂直距离均与源特征到所选曲

线原点的垂直距离相等。

➢ “与曲线相切”单选钮：在源特征与所选曲线的位置基础上，令所有阵列特征与所选曲线相切，如图 4-31 所示。

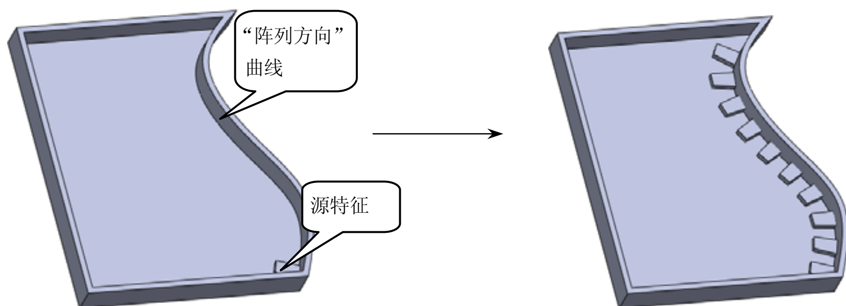


图 4-31 “与曲线相切”对齐方法创建曲线阵列特征

➢ “对齐到源”单选钮：令每个实例与源特征对齐，即保持所有特征的方向不变，如图 4-32 左图所示。

➢ “面法线”选择列表框：此选择列表框在“阵列方向”曲线为 3D 曲线时起作用，用来选取 3D 曲线所处的面来生成曲线驱动的阵列，如图 4-32 右图所示（在 2D 曲线时，此项不起作用）。

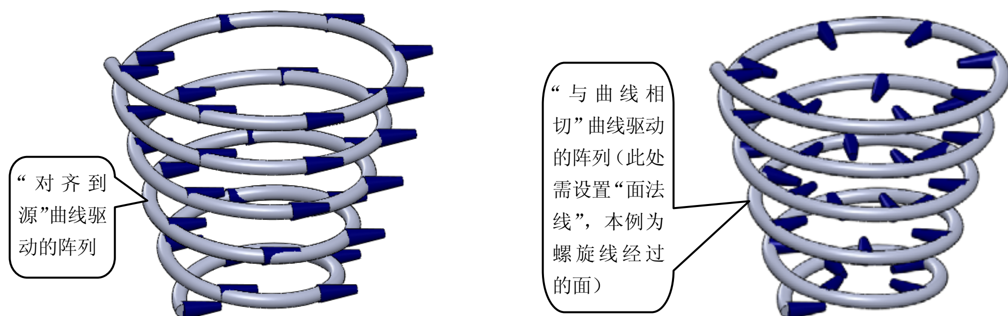


图 4-32 “对齐到源” 创建曲线阵列特征和“面法线”的作用

4.3.5 草图驱动的阵列

草图驱动的阵列是指使用草图中的草图点定义特征阵列，使源特征产生多个副本，如图 4-33 所示。

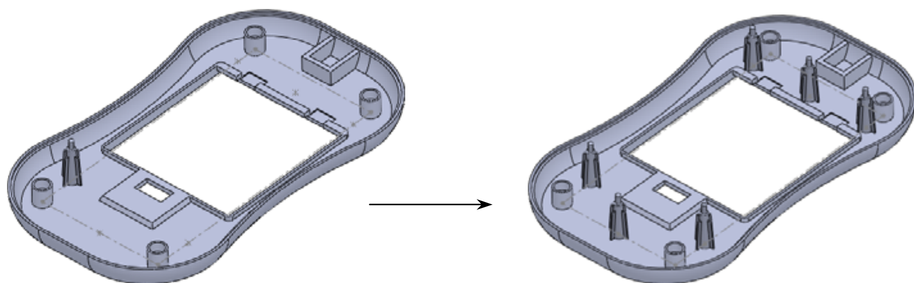


图 4-33 草图驱动的阵列

要创建图 4-33 所示“草图驱动的阵列”特征，可执行如下操作：

STEP 1 打开本书提供的素材文件“草图驱动的阵列.SLDPRT”，如图 4-34 左图所示。然后选中模型内部上表面并选择“草图绘制”按钮，进入草图模式绘制一如图 4-34 右图所示的草图，然后退出草绘模式。

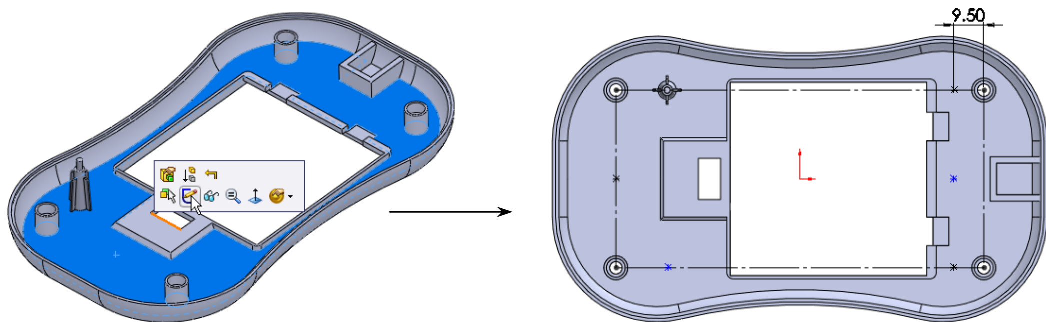


图 4-34 绘制草图操作

STEP 2 单击“特征”工具栏“线性阵列”右侧的下拉按钮，选择“草图驱动的阵列”列表项，打开“由草图驱动的阵列”属性管理器，如图 4-35 左图所示。在绘图区选中第一步中绘制的草图，然后打开“要阵列的实体”卷展栏，选择素材文件中的支柱作为阵列的源特征，如图 4-35 右图所示，单击“确定”按钮完成草图驱动阵列的创建。

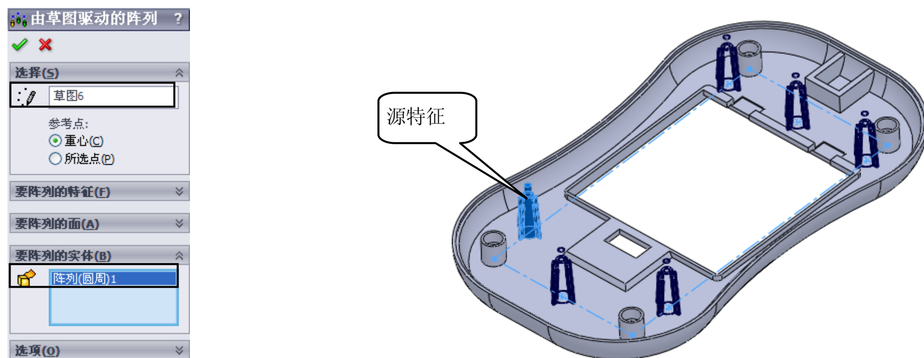


图 4-35 执行“草图驱动的阵列”操作



在“由草图驱动的阵列”属性管理器中（如图 4-35 左图所示），在“选择”卷展栏中选择“所选点”单选按钮，可以在源特征上选择对齐点。

4.3.6 表格驱动的阵列

表格驱动的阵列是指通过编写阵列成员的阵列表来创建阵列，阵列表中包括阵列特征相对于特定坐标系的位置，每添加一行就创建一个阵列成员。表阵列成员的位置可以无规律变化，但需要逐个输入，比较繁琐。如图 4-36 所示为典型的“表格驱动的阵列”操作。

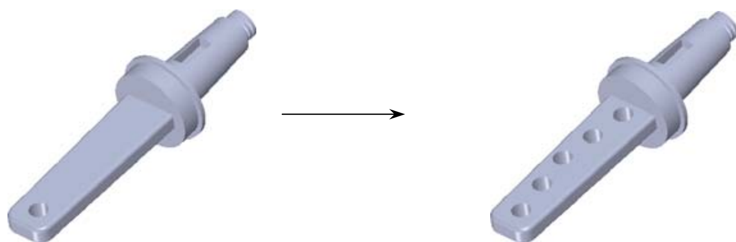


图 4–36　表格驱动的阵列

要创建图 4–36 所示“表格驱动的阵列”特征，可执行如下操作：

STEP 1 打开本书提供的素材文件“表格驱动的阵列素材.SLDPRT”，如图 4–36 左图所示，然后选择“插入”>“参考几何体”>“点”菜单，在圆孔下端边界的中心点处创建一参考点，如图 4–37 左图所示，再选择“插入”>“参考几何体”>“坐标系”菜单，在刚才创建的点位置创建一坐标系，注意调整坐标系的位置，如图 4–37 右图所示。

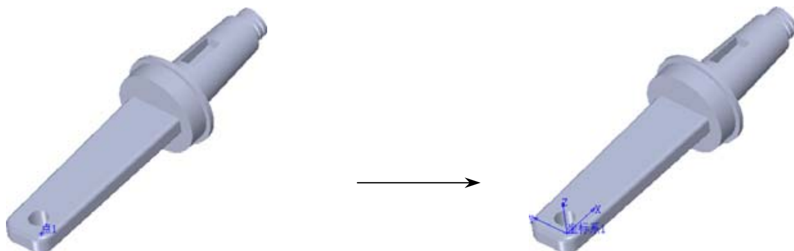


图 4–37　创建“点”和“坐标系”

STEP 2 单击“特征”工具栏“线性阵列”右侧的下拉按钮，选择“表格驱动的阵列”列表项，打开“由表格驱动的阵列”对话框，如图 4–38 左图所示。

STEP 3 切换到“坐标系”选择列表框，选择步骤 1 中创建的坐标系作为参考坐标系，再切换到“要复制的面”选择列表框，然后选择模型中的孔面作为要复制的面，如图 4–38 右图所示，然后在下部列表中输入如图 4–38 左图所示的数据，单击“确定”按钮完成表格驱动阵列的创建，效果如图 4–36 右图所示。

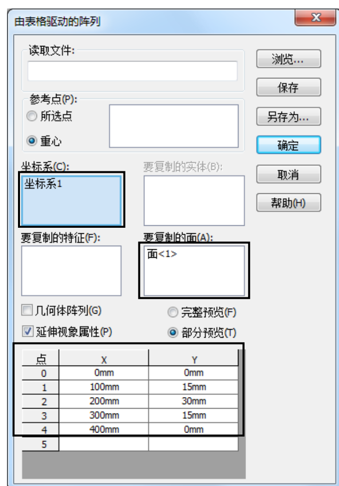




图 4–38　执行“表格驱动的阵列”操作



在执行“表格驱动的阵列”操作时，也可以在“由表格驱动的阵列”对话框中单击“浏览”按钮，选择已编辑好的文本文件作为阵列偏移的数据。此时需要提前编辑好文本文件，与上面“表格驱动的阵列”对应的文本文件如图 4-39 所示。

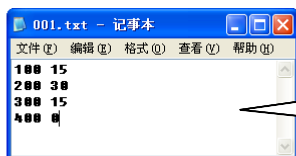


图 4-39　可导入的文本文件

4.3.7 填充阵列

填充阵列是指用某个原始特征填充到指定区域，以此生成阵列。可以选择平面或平面上的草图作为填充的区域。另外，可以指定填充阵列的阵列成员间隔、阵列到草绘边界的距离、原始特征的位置等，如图 4-40 所示。

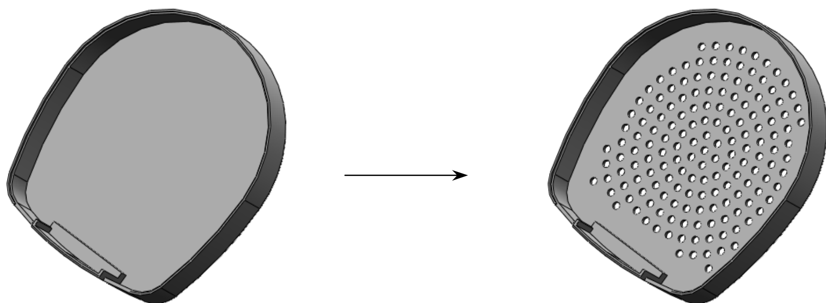


图 4-40　填充阵列

要创建图 4-40 所示“表格驱动的阵列”特征，可执行如下操作：

STEP 1 打开本书提供的素材文件“填充阵列素材.SLDPRT”，如图 4-40 左图所示，单击“特征”工具栏“线性阵列”右侧的下拉按钮，选择“填充阵列”列表项，打开“填充阵列”属性管理器，如图 4-41 左图所示，选择模型的内底面作为填充边界，如图 4-41 右图所示。



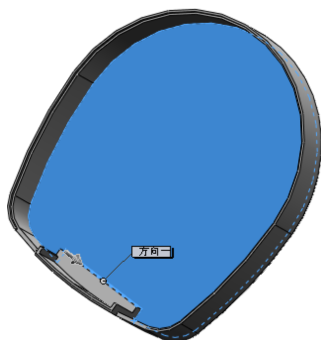


图 4-41　选择阵列面

STEP 2 在“填充阵列”属性管理器中单击“圆周”按钮，然后按照图 4-42 所示设置“环间距”“实例间距”和“边距”，完成阵列布局选项的设置。

STEP 3 在“填充阵列”属性管理器的“要阵列的特征”卷展栏中选择“生成源切”单选钮，如图 4-43 左图所示，然后选择“圆”，并设置其直径为 4（此时的预览效果如图 4-43 右图所示），单击“确定”按钮完成表格驱动阵列的创建。

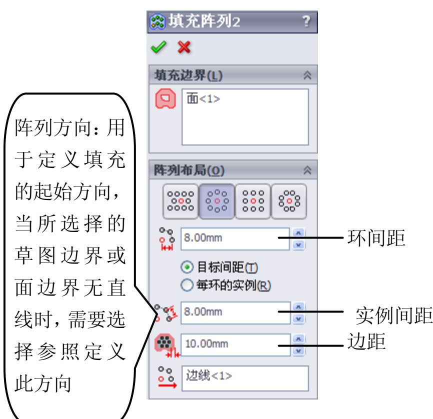


图 4-42 设置阵列布局

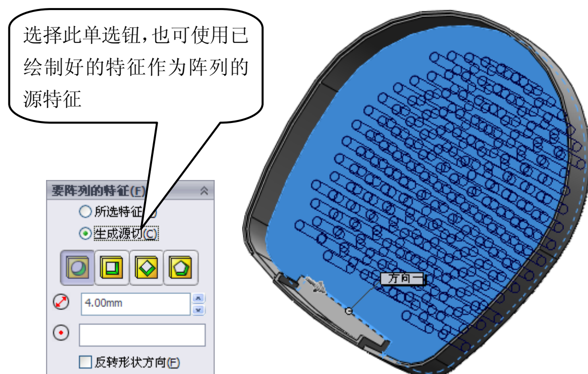


图 4-43 设置要阵列的特征



SolidWorks 的阵列特征提供了多种阵列布局（如图 4-42 所示），不同布局类型，需要对不同的选项进行设置，此处不再一一讲解，如图 4-44 左边两个图所示为“方形”和“多边形”阵列效果。

此外，如设置了源特征的“顶点和草图点”位置（在图 4-43 左图所示的界面中选择此项，然后在绘图区中选择定位点可对其进行设置），在填充区域中将呈现不完整的阵列布局，如图 4-44 右图所示，否则源特征将位于填充边界的中心。

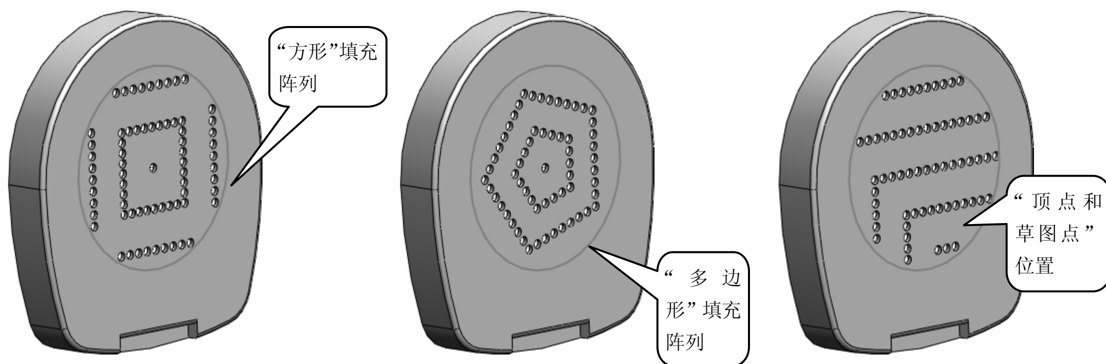


图 4-44 阵列布局的类型和选择“顶点和草图点”的作用

实例精讲——设计机罩

下边绘制一个“机罩”模型（如图 4-45 所示），以熟悉前面所学习的知识。

【制作分析】

本实例主要使用“旋转”“拉伸”“旋转阵列”和“填充阵列”等特征创建“机罩”模型，在创建的过程中应重点练习和掌握阵列特征的相关操作。

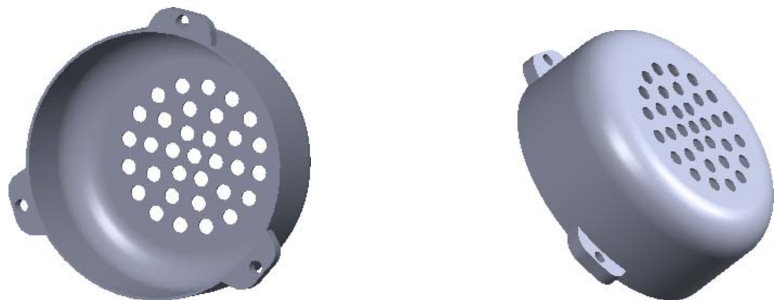


图 4-45 “机罩”模型

【制作步骤】

STEP 1 打开本文提供的素材文件“机罩素材.SLDPRT”，如图 4-46 所示，然后单击“圆周阵列”按钮，打开“圆周阵列”属性管理器，设置阵列个数为 3，总旋转角度为 360°，间隔模式为“等间距”，选择模型的内表面以其中心轴作为“阵列轴”，选择“耳部”作为阵列的源特征，阵列出机罩的另外两个固定“耳”，如图 4-47 所示。

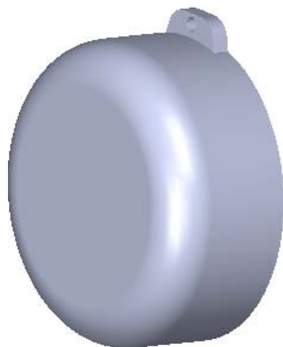


图 4-46 打开的素材文件



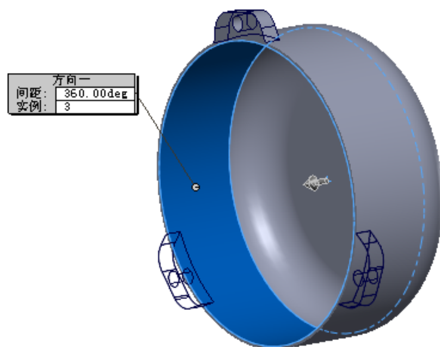


图 4-47 执行“旋转阵列”操作

STEP 2 单击“填充阵列”按钮，打开“填充阵列”属性管理器，如图 4-48 左图所示，选择模型的上表面作为填充阵列面，然后设置“阵列布局”为圆周，选择模型上端“耳”的边线作为“阵列方向”（如图 4-48 右图所示），其他选项按图中所示进行设置，单击“确定”按钮完成机罩模型的创建，效果如图 4-45 所示。

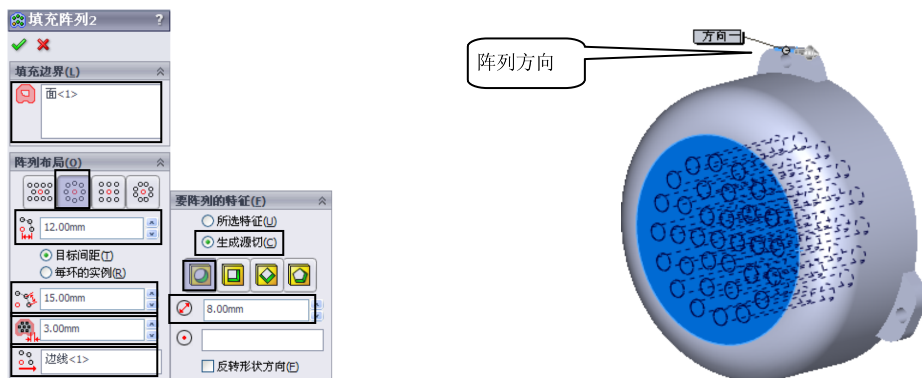


图 4-48　执行“填充阵列”

实例精讲——设计高尔夫杆

下面绘制一个“高尔夫杆”模型（图 4-49），以熟悉参考几何体和阵列等特征操作。

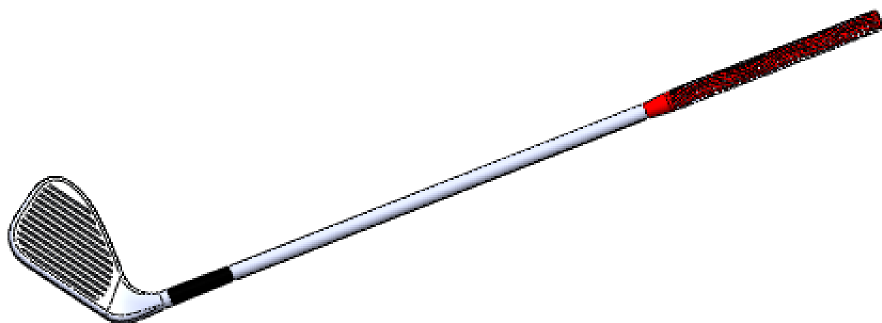


图 4-49　“高尔夫杆”模型

【制作分析】

本实例用到“拉伸”“旋转”“基准面”和阵列等多种特征，在学习的过程中应重点掌握“基准面”和几个阵列特征的操作方法，并应注意本实例最后所讲述的“线性阵列”特征中“随形变化”阵列的使用方法。

【制作步骤】

STEP 1 打开本书提供的素材文件“高尔夫杆素材.SLDPRT”，执行“基准面”命令，以“等距距离”方式创建一与基准面 1 距离为 5 的基准面，如图 4-50 所示。

STEP 2 进入步骤 1 创建的基准面的草绘模式，如图 4-51 左图所示，绘制一样条曲线（设置为“构造线”），并执行“等距实体”命令以此样条曲线为基准，以“双向”“顶端加盖”（圆弧）方式，以 0.2 为“等距距离”，等距出一闭合的截面图形。

STEP 3 使用步骤 2 绘制的截面图形，执行“拉伸切除”命令，拉伸距离为 2，在皮套上拉伸出一条阻力沟，如图 4-51 右图所示。

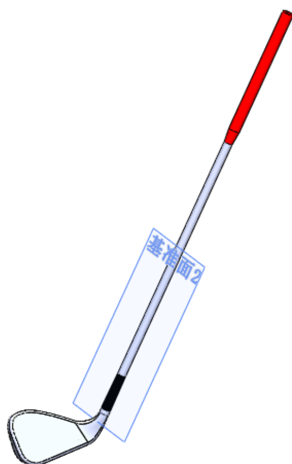


图 4-50　打开素材并创建基准面

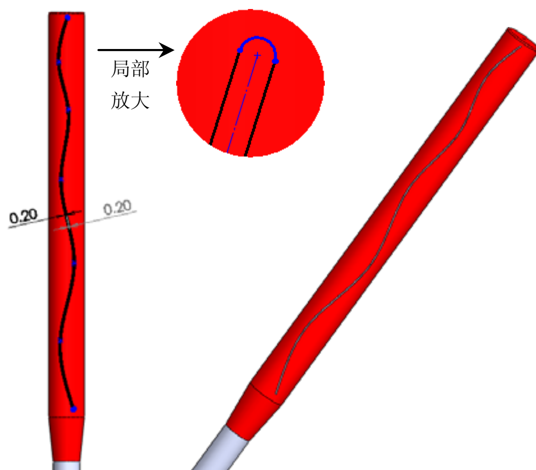


图 4-51　绘制线并拉伸切除出一条阻力沟

STEP 4 执行“圆周阵列”命令，打开“圆周阵列”对话框，如图 4-52 左图所示，选择皮套圆面的中心轴作为旋转轴，选择步骤 3 中创建的拉伸特征作为源特征，旋转角度设为 18°，阵列个数设为 20，单击“确定”按钮创建皮套外部的所有阻力沟，效果如图 4-52 右图所示。



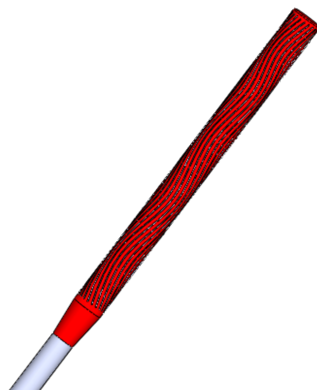


图 4-52　旋转出多条阻力沟

STEP 5 进入高尔夫球杆杆面的草绘模式，如图 4-53 左图所示，沿着杆面外部的轮廓绘制两条样条线（近似即可），退出草绘模式，然后再次在杆面上绘制一封闭的截面图形，并设置此截面图形的四个端点与前面绘制的样条曲线“重合”，如图 4-53 右图所示。

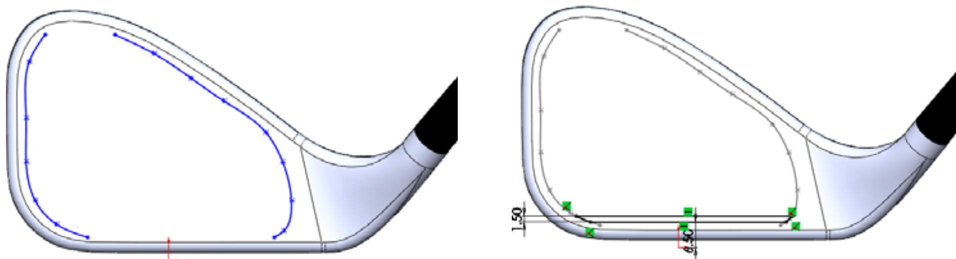


图 4-53　绘制两条样条曲线并绘制出一与其有重合点的截面图形



STEP 6 退出草绘模式，以刚才绘制的草绘图形为截面创建一“拉伸切除”特征，拉伸的长度为 2.5，如图 4-54 左图所示，拉伸切除的效果如图 4-54 右图所示。



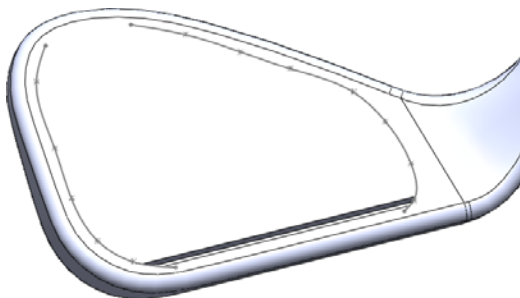


图 4-54　拉伸出高尔夫末端的一条沟槽

STEP 7 执行“线性阵列”命令，以步骤 6 中创建的“拉伸切除”特征为源特征，以“拉伸切除”特征草绘截面的一条尺寸线为阵列方向，设置拉伸的“间隔”为 4，个数为 12，如图 4-55 左图所示，并在“选项”卷展栏中选中“随形变化”复选框，单击“确定”按钮完成高尔夫杆所有沟槽的创建，效果如图 4-55 右图所示。



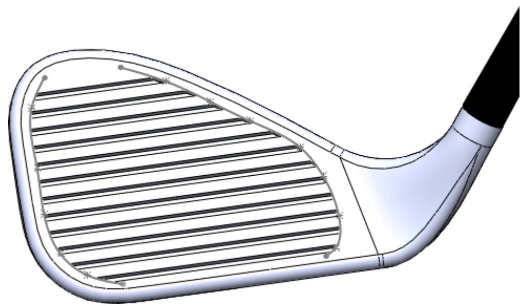


图 4-55　线性阵列出高尔夫杆的所有沟槽

4.4　本章小结

学完本章内容后，读者应重点掌握基本参考几何体中基准面的创建，灵活创建基准面是完成模型创建的重要保证；另外镜像与阵列也是本章的重点，掌握这些特征，将在创建模型时大大缩减工作量。

4.5　思考与练习

一、填空题

（1）在建模的过程中我们经常会用到__________、__________以及__________等参考

几何体（也被称为基准特征），通过这些参考几何体可以确定实体的________和______。

（2）________是创建其他特征的参照线，主要用于创建孔特征、旋转特征，以及作为阵列复制与旋转复制的旋转轴。

（3）在 SolidWorks 中，用户创建的坐标系，也被称为基准坐标，主要在________和________模型时使用。

（4）在 SolidWorks 中，基准点主要用于创建优秀的________，________是创建曲面的基础。

（5）当模型非常大时，为了节约创建、对象选择、编辑和显示的时间，或者为了分析工作和在冲突几何体的位置创建特征，可________模型中的一些非关键特征，将它们从模型和显示中移除。

（6）可以通过编辑特征的参数来________特征，主要包括________________和________________等方式。

（7）单击“特征”工具栏中的________按钮，可以通过拖动控标或标尺来动态修改模型特征。

（8）________用来沿着一个或两个方向以固定的间距复制出多个新特征。

（9）________是指绕一轴线生成指定特征的多个副本的操作。

（10）________指的是沿着某个平面镜像生产原始特征的副本，副本和原始特征关于这个平面对称，且完全相同。

二、问答题

（1）系统共提供了几种创建基准面的方式？简述其操作方法？

（2）系统共提供了几种创建基准轴的方式？简述其操作方法？

（3）线性“阵列特征”中“随形变化”复选框有何作用？

（4）“曲线驱动的阵列”中“面法线”的作用是什么？通常在什么状态下使用？

（5）“表格驱动的阵列”中表格的形式是什么样子的？

三、操作题

（1）打开本书提供的素材文件“4-练习 1 素材.sldprt”，使用“圆周阵列”特征创建如图 4-56 所示的模型。

（2）打开本书提供的素材文件“4-练习 2 素材.sldprt”，使用“线性阵列”特征创建如图 4-57 所示的模型。

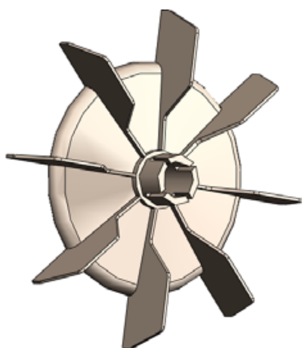


图 4-56 “4-练习 1.sldprt”文件

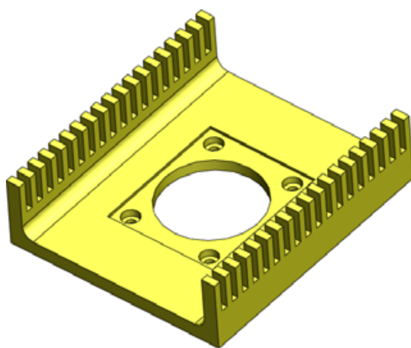


图 4-57 “4-练习 2.sldprt”文件



第 5 章　曲线与曲面建模

本章要点

- 曲线
- 曲面
- 曲面编辑

学习目标

使用曲面特征可以进行高复杂度的造型设计，并可将多个单一曲面组合成完整且没有间隙的曲面模型，进而将曲面填充为实体，而构造曲面时又会用到三维曲线，因此本章将主要介绍创建三维曲线和曲面的方法。

5.1　创建曲线

构建曲面之前首先需要构建曲线，除了可以使用草绘曲线构建曲面外，还可以在建模模式下直接创建曲线。在建模模式下创建的曲线与在草绘模式下创建的曲线有所不同，可以构建一些特殊的复杂曲线，如螺旋线、通过 XYZ 点的曲线等（如图 5-1 左图和中图所示）。本节介绍使用“曲线”工具栏（如图 5-1 右图所示）中的按钮创建曲线的方法。

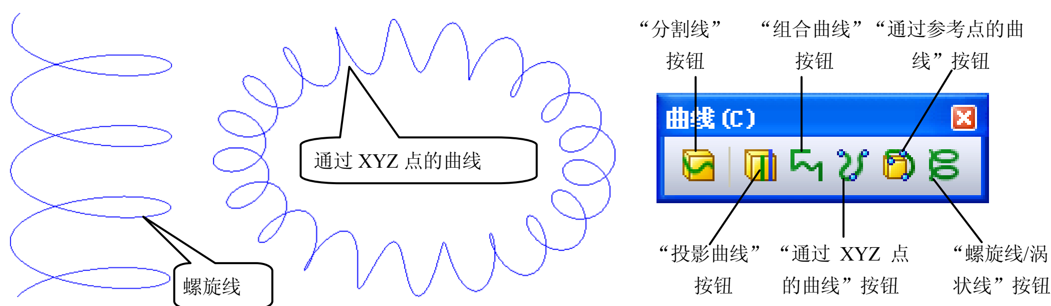


图 5-1　直接创建的曲线和“曲线”工具栏

5.1.1 投影曲线

使用“曲线”工具栏中的“投影曲线”按钮，可使用两种方法创建 3D 曲线：一种是将基准面中绘制的草图曲线投影到某一面上从而生成一条 3D 曲线，如图 5-2 左图所示；另外一种方法是在两个相交的基准面上分别绘制草图，两个草图各自沿着所在平面的垂直方向进行投影得到一个曲面，两个曲面的交线即为 3D 曲线，如图 5-2 中图和右图所示。

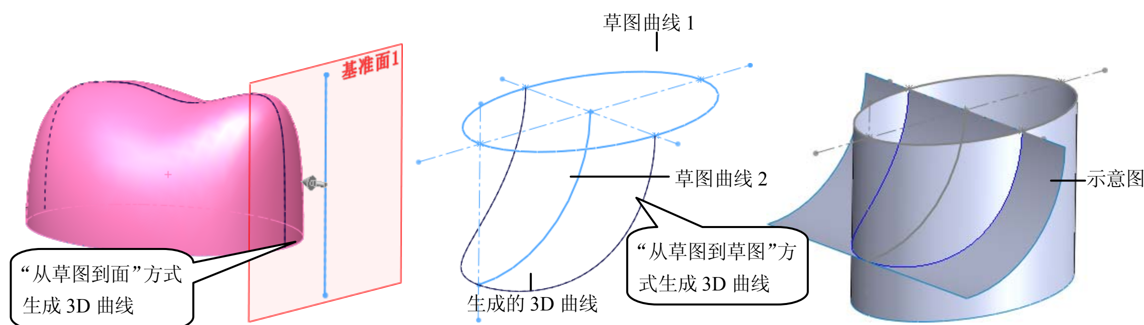


图 5-2　创建“投影曲线”的两种方式

下面看一个以“从草图到草图”方式创建投影曲线的实例，并讲述使用生成的曲线绘制实体的方法，具体操作步骤如下：

STEP 1 新建一零件文件，进入“上视基准面”的草绘模式，绘制一如图 5-3 左图所示的草绘图形，再进入“前视基准面”的草绘模式，绘制一如图 5-3 右图所示的草绘图形，退出草绘模式。

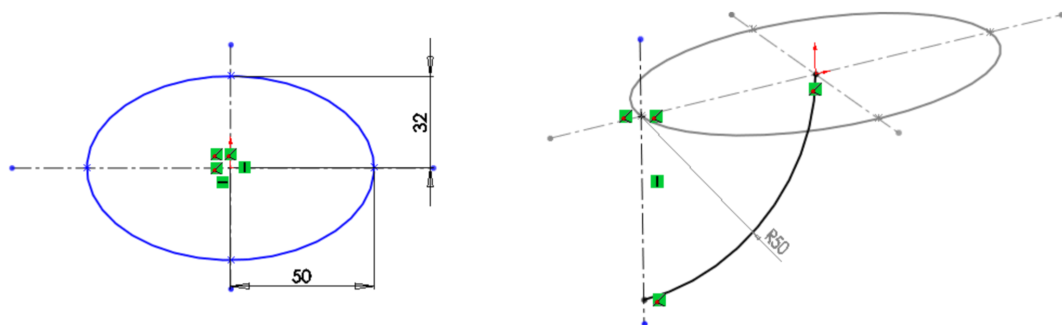


图 5-3　创建两个草绘图形

STEP 2 单击“曲线”工具栏中的“投影曲线”按钮，打开“投影曲线”属性管理器，如图 5-4 左图所示，在“选择”卷展栏中选择“草图上草图”单选钮，然后分别选择“步骤 1”中绘制的两个草绘图形，单击“确定”按钮，生成投影曲线，如图 5-4 右图所示。

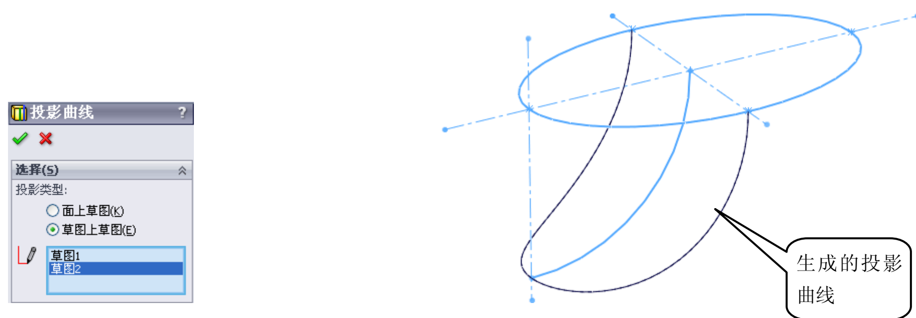


图 5-4　创建“投影曲线”

STEP 3 在“上视基准面”的草绘模式中绘制一如图 5-5 左图所示的圆（圆的直径为 12），单击“特征”工具栏中的“扫描”按钮，分别选择圆和“投影曲线”，单击“确定”按钮创建扫描实体，如图 5-5 中图和右图所示。

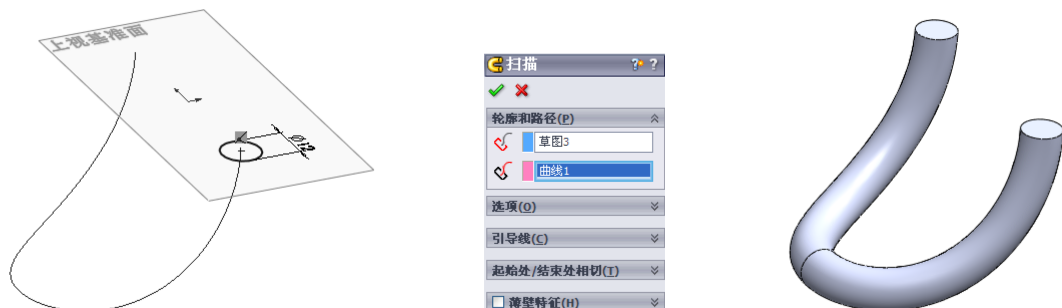


图 5-5　使用“投影曲线”创建扫描实体



提示

> 在“投影曲线”属性管理器中，如选择“面上草图”单选钮，再分别选择“草绘图形”和“投影面”，也可生成投影曲线，其操作较简单，此处不再详细叙述。

5.1.2 分割线

分割线是将草图投影到模型面上所生成的曲线，分割线可以将所选的面分割为多个分离的面，进而可以单独选取每一个面。

共有三种创建分割线的方式，具体如下：

- 投影：将草图投影到曲面上，并将所选的面分割，如图 5-6 左图所示。
- 轮廓：在一个圆柱形零件上生成一条分割线（即生成分模方向上的最大轮廓曲线），并将所选的面分割，如图 5-6 中图所示。
- 交叉：生成两个面的交叉线，并以此交叉线来分割曲面，如图 5-6 右图所示。

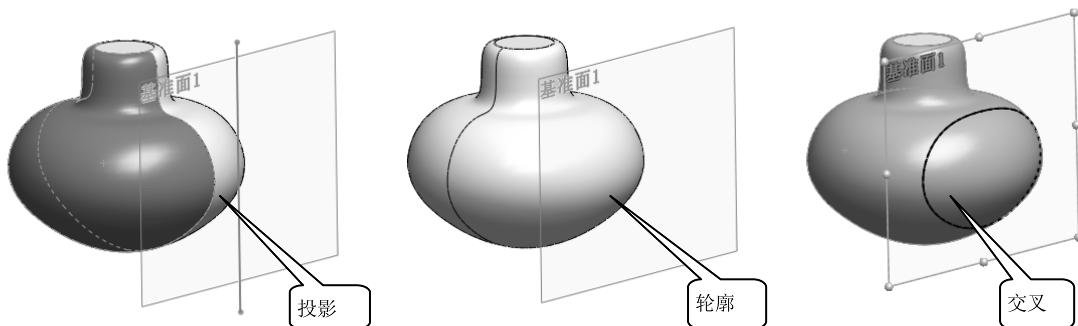


图 5-6　“分割线”的三种方式

实际上分割线主要用于在进行面操作时将面切割，并将多余的面删除，或者在进行放样曲面操作时令放样的边能够相互对应，如图 5-7 所示。

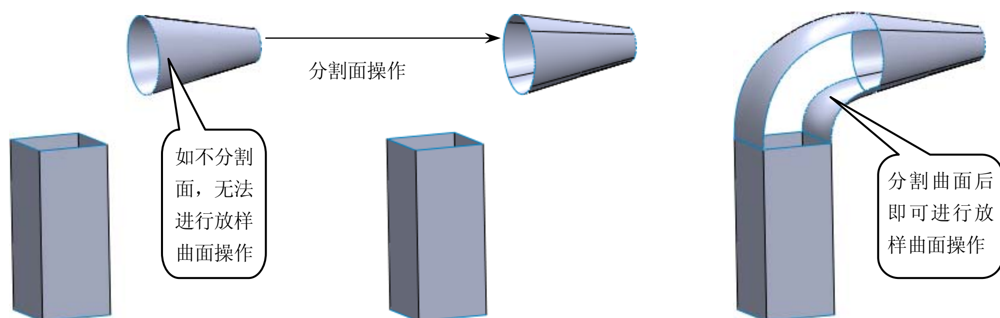


图 5-7 “分割线”的主要用途

下面看一个使用“分割线”辅助创建汽车遥控器的实例，具体操作步骤如下：

STEP 1 打开本书提供的素材文件 5-1-2.SLDPRT，如图 5-8 左图所示，在其底面创建如图 5-8 左中图所示的样条曲线，单击“曲线”工具栏中的“分割线”按钮，打开“分割线”属性管理器，分别选择草图和模型上表面生成分割线，如图 5-8 右边两个图所示。

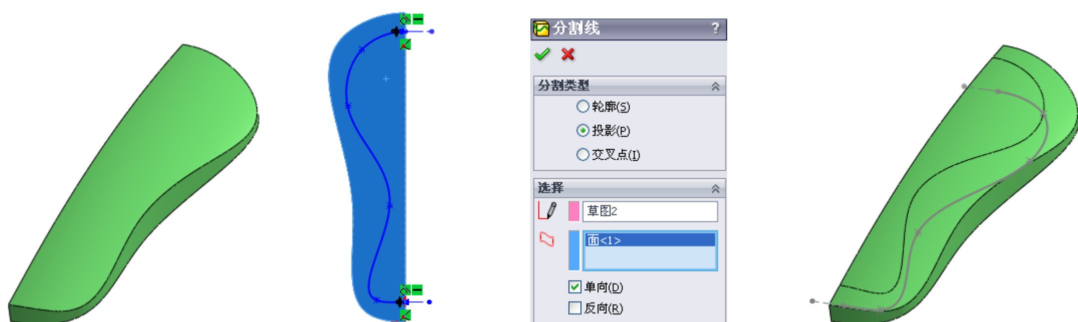


图 5-8 创建分割线

STEP 2 单击“特征”工具栏中的“圆角”按钮，打开“圆角”属性管理器，如图 5-9 左图所示，在“圆角类型”卷展栏中选择“面圆角”单选钮，再分别选择图 5-9 中图所示的两个面作为圆角面，然后选择步骤 1 中生成的分割线以及底面边线作为控制线，并选中“曲率连续”复选框，单击“确定”按钮生成如图 5-9 右图所示的圆角。

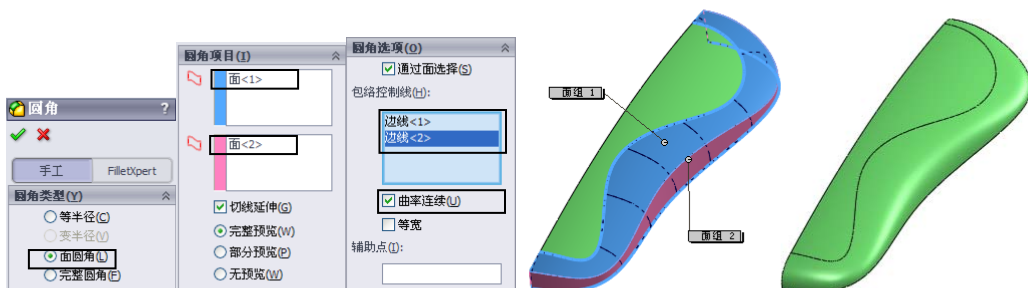


图 5-9 创建“面圆角”

STEP 3 单击“镜像”按钮，以模型的平面为镜像面，以镜像实体方式进行两次镜像操作，完成汽车遥控器的创建操作，如图 5-10 所示。

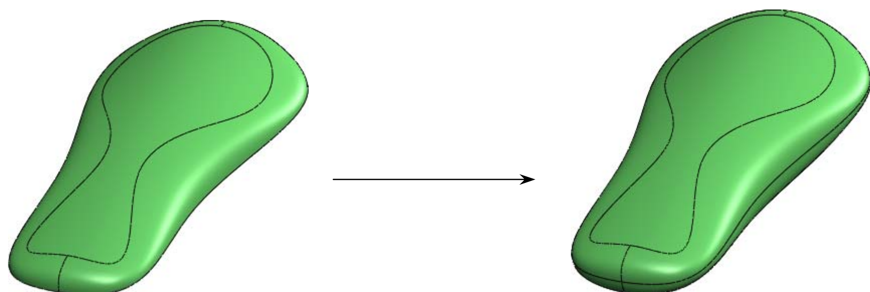


图 5-10　镜像实体操作

5.1.3 组合曲线

组合曲线就是指将所绘制的曲线、模型边线或者草图曲线等进行组合，使之成为单一的曲线，组合曲线可以作为放样或扫描的引导线，如图 5-11 所示。

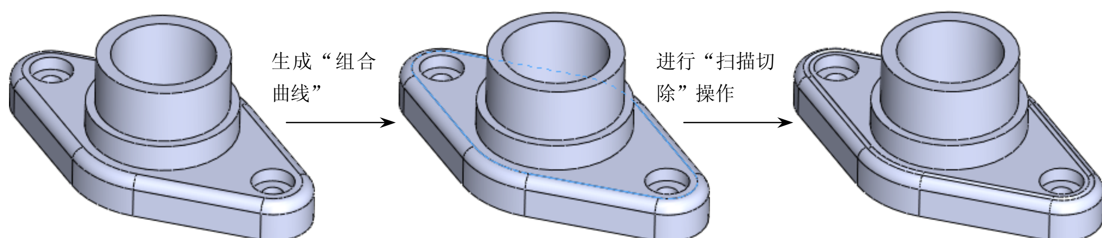


图 5-11　组合曲线的作用

生成“组合曲线”的操作非常简单，单击“曲线”工具栏中的“组合曲线”按钮，打开“组合曲线”属性管理器，如图 5-12 所示，然后顺序选择要生成“组合曲线”的曲线、直线或模型的边线（注意，这些线段必须连续），单击“确定”按钮即可。

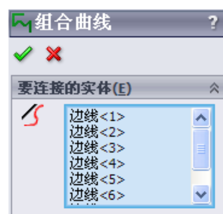


图 5-12　“组合曲线”属性管理器

5.1.4 通过 XYZ 点的曲线

通过 XYZ 点的曲线是通过输入 XYZ 的坐标值建立点后，再将这些点使用样条曲线连接成的曲线。在实际工作中，此方法通常应用在逆向工程的曲线生成上，此时会由三维向量床 CMM 或激光扫描仪等工具对实体模型进行扫描取得三维点的资料，然后再将这些扫描数据代入软件中，从而创建出需要的曲线。

下面看一个创建“通过 XYZ 点的曲线”的实例，具体操作步骤如下：

STEP 1 新建一零件文件，单击“曲线”工具栏中的“通过 XYZ 点的曲线”按钮，打开“曲线文件”对话框，单击“浏览”按钮，选择本书提供的素材文件“曲线螺旋.txt”（此文件包含多个三维点的坐标值，如图 5-13 右图所示），单击“确定”按钮即可生成三维曲线，如图 5-14 左图所示。

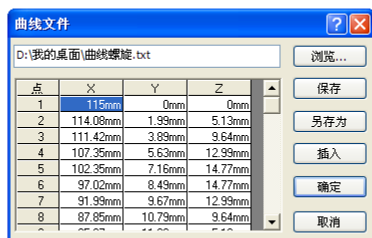




图 5-13 “曲线文件”对话框和所选择的曲线文件

STEP 2 首先在生成的曲线交点处创建一个点，再在此点处创建一垂直于曲线的面，然后在面中创建一直径为 6 的圆，如图 5-14 左图所示，单击“特征”工具栏中的“扫描”按钮，分别选择圆和“通过 XYZ 点的曲线”，即可生成我们需要的曲线螺旋体，如图 5-14 右图所示。

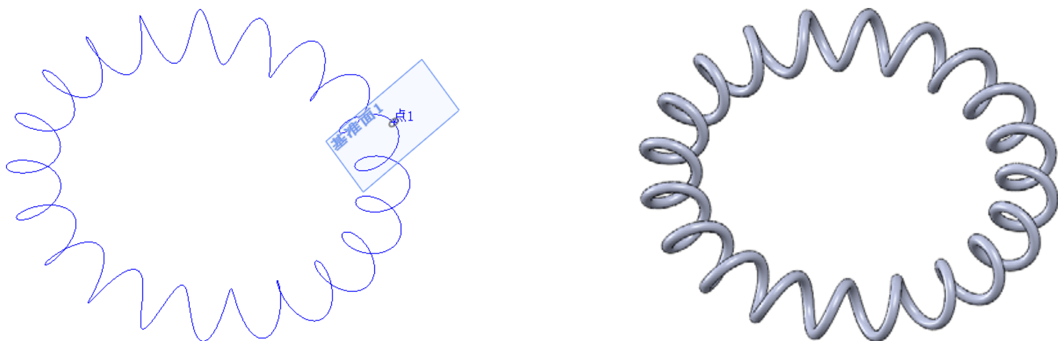


图 5-14 生成的曲线文件和创建的扫描实体



上面创建的“曲线螺旋线”实际上是由如下方程式产生的点，所连成的曲线：

主方程：

x=x0+r*cos(r0)*cos(t); //r 是直线的长度，t 是旋转角度

y=y0+r*cos(r0)*sin(t);

z=r*sin(r0); //x、y、z 是螺旋线上点坐标

辅助方程：

x0=Rx*cos(t); //Rx 是圆半径

y0=Rx*sin(t); //x0、y0 是穿透点坐标

r0=k*t; //r0 是旋转角，k 用来控制直线旋转速度，值越大生成的螺旋线越密

可参照图 5-15 来理解此方程，一端穿透于母线的直线沿该母线前进，同时直线绕穿透点旋转，该直线的另一端点的轨迹即为要绘制的曲线。

此外，可在“草图”模式（或 3D 草绘模式）下，单击“样条曲线”按钮下的“方程式驱动的曲线”按钮，直接使用方程式创建曲线，如图 5-16～图 5-18 所示。

其中，“显性”就是只用单个方程式来表达一段曲线，如方程式为 y=2*sin(3*x)，x 的变化范围为 0 到 2pi 的正弦曲线，如图 5-16 所示。

“参数性”是指，由两个方程式和一个变化的参数构成的表达曲线的方程式。如钩形曲线的表达方式为：X=(5*(cos(t*2*pi))^3)*t，Y=(5*(sin(t*2*pi))^3)*t，t=0~1，如图 5-17 所示。

在 3D 草绘模式下，可以使用三个表达式，和一个变化的参数来表示曲线。如蝴蝶结曲线：x=200*t*sin(t*2*pi*10)，y=250*t*cos(t*2*pi*10)，z=300*t*sin(t*pi*10)，t=0~1，如图 5-18 所示。

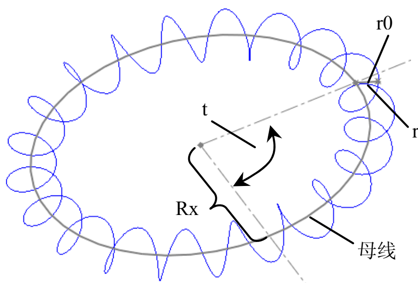


图 5-15　创建“曲线螺旋线”的原理



图 5-16　通过“显性”方程创建曲线



图 5-17　通过“参数性”方程创建曲线

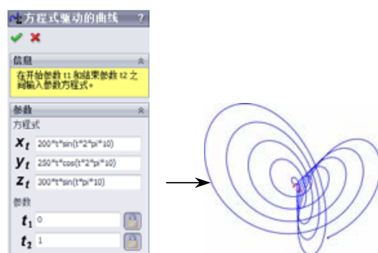


图 5-18　3D 模式下使用方程式创建曲线

5.1.5 通过参考点的曲线

“通过参考点的曲线”就是利用定义点或已存在的端点作为曲线型值点而生成的样条曲线。

如图 5-19 所示，单击“曲线”工具栏中的“通过参考点的曲线”按钮，打开“通过参考点的曲线”属性管理器，依次选择视图区中要连接的点，再选中“闭环曲线”复选框，单击“确定”按钮，即可创建“通过参考点的曲线”。

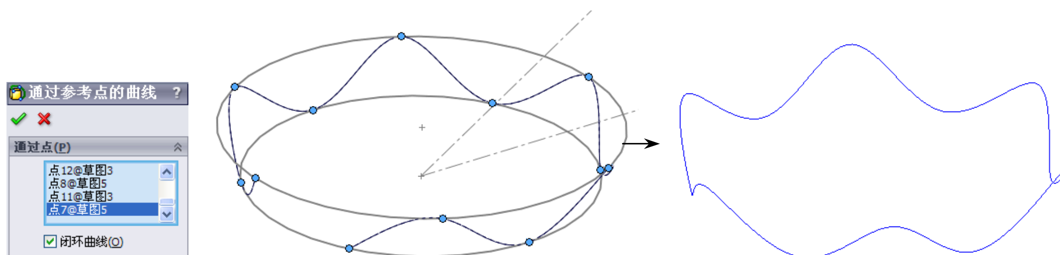


图 5-19　创建“通过参考点的曲线”

可打开“通过参考点的曲线素材. SLDPRT”素材文件，来执行相关操作。

5.1.6 螺旋线/涡状线

螺旋线就是螺旋上升的线，涡状线就是形如蜗牛纹理的线，如图 5-20 所示。

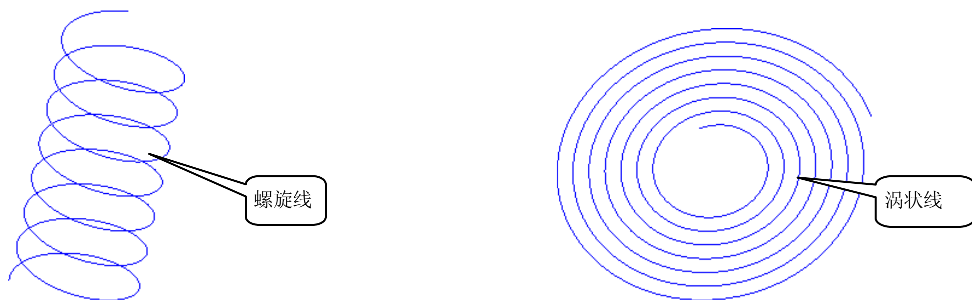


图 5-20 螺旋线和涡状线

单击“曲线”工具栏中的“螺旋线/涡状线”按钮，先选择一个面（如前视基准面）绘制一个圆（此“圆”相当于螺旋的竖直投影线，决定了螺旋线的径向距离）；然后单击“确定”按钮，打开“螺旋线/涡状线”属性管理器，选择“定位方式”（如选择“高度和圈数”），再输入“高度”和“圈数”（“高度”是指螺旋线的总高，“圈数”是指螺旋有几圈），并设置螺旋的“起始角度”（螺旋线起点与底圆圆心的连线与底圆草图 x 轴的夹角），单击“确定”按钮即可生成螺旋线，如图 5-21 所示。

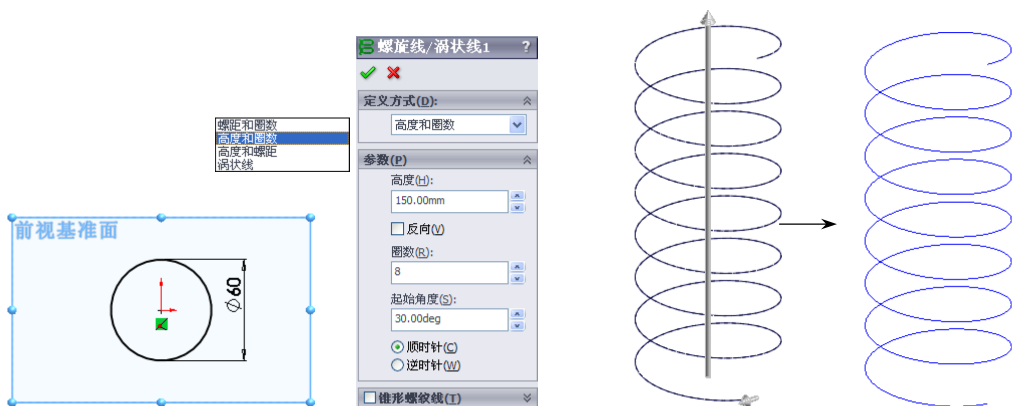


图 5-21 创建螺旋线

除了通过“高度和圈数”创建螺旋线的方式外，还可以通过“螺距和圈数”“高度和圈数”方式创建螺旋线，这两种方式在“恒定螺距”时，所创建的螺旋线与“高度和圈数”方式基本相同（只是选项不同），其不同点在于可以创建可变螺距的螺旋线，如图 5-22 左图和中图所示。

如在“定义方式”下拉列表中选择“涡状线”列表项则可以创建涡状线（设置“螺距”和“圈数”即可，此处不再详细叙述）。此外，在使用“高度和圈数”方式创建螺旋线时，可以通过“锥形螺纹线”卷展栏设置螺旋线为锥形，如图 5-22 右图所示。

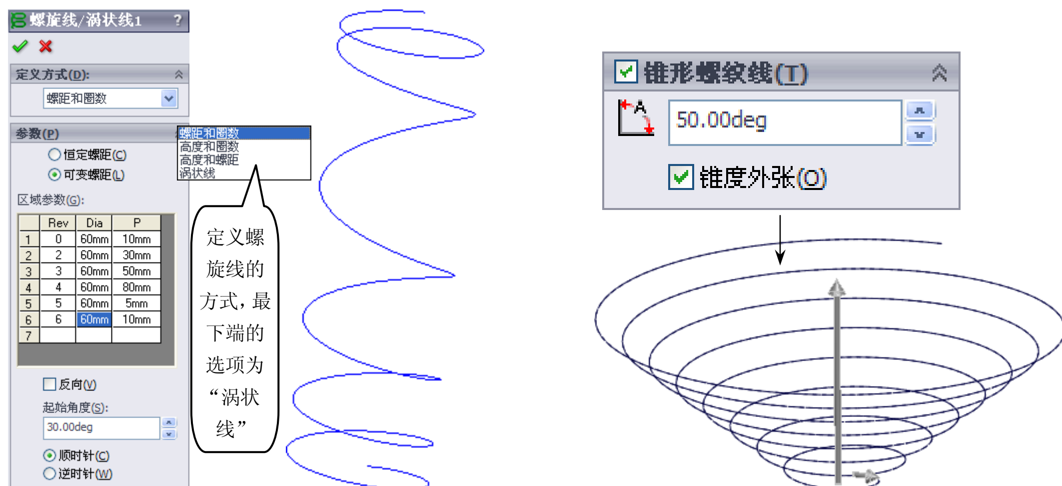


图 5-22 “可变螺距”螺旋线和“锥形”螺旋线

实例精讲——设计“绞龙”

本实例将讲解，使用 SolidWorks 设计螺旋输送机的关键零件——“绞龙”的操作，如图 5-23 所示。在设计的过程中将主要用到 SolidWorks 的螺旋线和扫描特征。



图 5-23 螺旋输送机和本实例要设计的“绞龙”零件

【制作分析】

螺旋输送机绞龙的建模，关键是其绞龙叶片的创建，需要创建三维的螺旋线，然后首先使用螺旋线扫描出绞龙叶片的曲面，再进行加厚处理，并在两端切除出绞龙的固定孔，即可创建出要使用的绞龙模型。

此外，本实例将以图 5-24 所示工程图为参照，在 SolidWorks 中完成螺旋输送机“绞龙”的绘制，步骤如下。

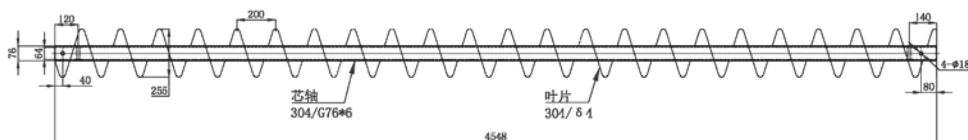


图 5-24 “绞龙”图纸

【制作步骤】

STEP 1 新建一零件类型的文件，在“前视基准面”中绘制如图 5-25 左图所示的草绘图形，然后单击“特征”工具栏中的“拉伸凸台/基体”按钮，设置拉伸深度为 4548，对草图进行拉伸，效果如图 5-25 右图所示。

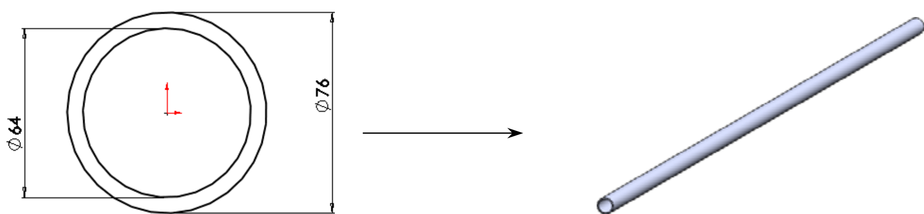


图 5-25 拉伸出绞龙中心的旋转柱

STEP 2 首先在“前视基准面”中绘制一与圆柱外边缘完全相等的圆，如图 5-26 左图所示，然后单击“曲线”工具条中的“螺旋线/涡状线”按钮，选择绘制的圆作为螺旋线的截面曲线，打开“螺旋线/涡状线”对话框中，如图 5-26 中图所示。

STEP 3 设置螺旋线的定义方式为“高度和螺距”，并且设置参数为“恒定螺距”“高度”为 4548、螺距为 200、起始角度为 0°、“逆时针”旋转，单击“确定”按钮，创建螺旋线，如图 5-26 右图所示。



图 5-26 创建螺旋线

STEP 4 在“前视基准面”中绘制如图 5-27 所示的草绘图形，注意设置其一个端点与螺旋线的几何关系为“穿透”。

STEP 5 单击“曲面”工具条中的“扫描曲面”按钮，选择“步骤 4”中创建的直线为扫描“轮廓”，选择“步骤 3”中创建的螺旋线为“扫描”路径，扫描出绞龙的叶片曲面，如图 5-28 所示。

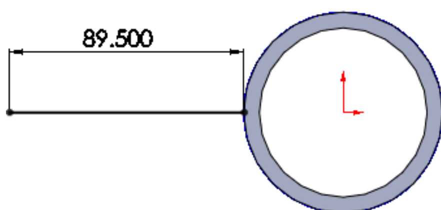


图 5-27 绘制直线


图 5-28 扫描出叶片曲面

STEP 6 选择“插入”>“凸台/基体”>“加厚”菜单，选择步骤 5 创建的曲面为“要加厚的面”，加厚方式设置为“加厚两侧”，厚度为 6，并取消“合并结果”复选框的选中状态，单击“确定”按钮，创建叶片实体，如图 5-29 所示。





图 5-29　加厚处理

STEP 7 分别在上视和右视基准面中绘制直径为 18 的四个圆，执行拉伸切除操作，创建绞龙的固定孔，如图 5-30 所示，完成绞龙模型的创建。

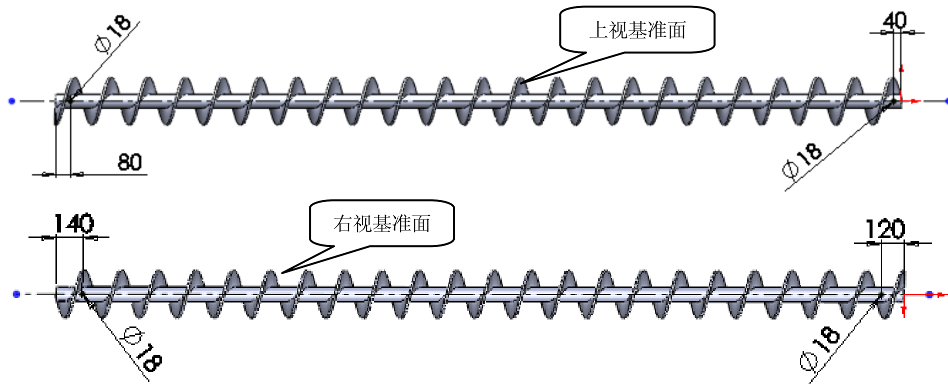


图 5-30　拉伸切除处理

实例精讲——设计“双曲面搅拌机”

本实例将讲解，使用 SolidWorks 设计双曲面搅拌机的关键零件——“叶轮”的操作，如图 5-31 所示。在设计的过程中将主要用到 SolidWorks 的投影曲线、扫描和阵列特征。



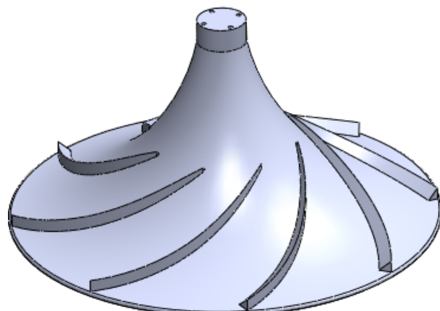


图 5-31　双曲面搅拌机和本实例要设计的“叶轮”零件

【制作分析】

创建“叶轮”的关键是搅拌翼肋的建模过程，如图 5-32 所示，在创建的过程中，需要使用投影曲线，在叶轮的表面生成曲线，并创建截面曲线，然后使用这些曲线进行扫描处理，得到搅拌翼肋。叶轮的其他部分，可通过旋转、拉伸和阵列操作得到。

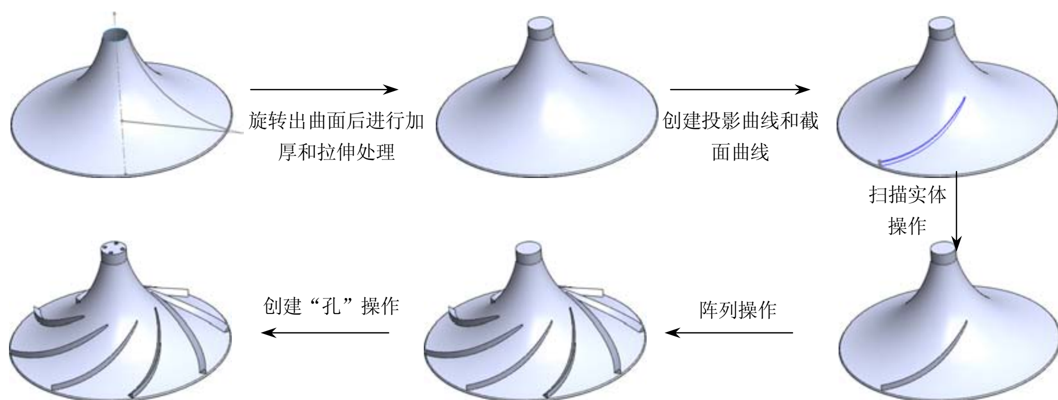


图 5-32 制作叶轮的主要流程

【制作步骤】

STEP 1 新建一零件类型的文件，在“前视基准面”中绘制如图 5-33 左图所示的草绘图形，然后单击“曲面”工具栏中的“旋转曲面”按钮，选择绘制的草绘图形旋转出叶轮的双曲面，如图 5-33 右图所示。

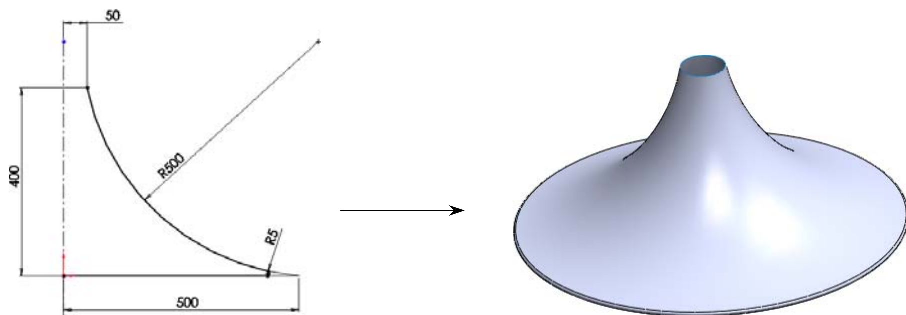


图 5-33 绘制草图并进行宣传操作

STEP 2 选择“插入”>“凸台/基体”>“加厚”菜单，选择步骤 1 创建的曲面为“要加厚的面”，加厚方式设置为“加厚侧边 2”（内侧），厚度为 10，单击“确定”按钮，创建叶轮实体，如图 5-34 所示。

STEP 3 单击“曲面”工具栏中的“平面区域”按钮，选择叶轮上部内侧的边界线，创建一平面（也可在此处创建基准面，实际生产的过程中，此处可通过焊接工艺将叶轮与下面要创建的实体焊接起来），如图 5-35 所示。

图 5-34　加厚处理

图 5-35　创建平面区域

STEP 4 在步骤 3 创建的平面上绘制与上部外边缘全等的圆，并向上执行拉伸操作，拉伸距离为 50，效果如图 5-36 所示。

STEP 5 在“上视基准面”中绘制如图 5-37 所示的草绘图形（主要参数用于定义圆弧线的位置和大小，圆心位于水平中心线上）。

图 5-36　拉伸实体操作

图 5-37　绘制草图 1

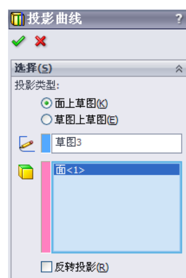
STEP 6 接着，再在“上视基准面”中绘制如图 5-38 所示的草绘图形（注意此图形中弧线的两个端点位于“步骤 5”所绘制圆弧的边界线上，且与“步骤 5”中所绘圆弧的两个端点的距离分别为 0.5 和 5（圆心不必位于水平中心线上）。

STEP 7 再在“上视基准面”中绘制如图 5-39 所示的草绘图形（同样令弧线的两个端点位于步骤 5 所绘制圆弧的边界线上，且与步骤 5 中所绘圆弧的两个端点的距离分别为 2 和 20（处于“步骤 5”所绘圆弧的另外一侧）。

图 5-38　绘制草图 2

图 5-39　绘制草图 3

STEP 8 单击“曲线”工具栏中的“投影曲线”按钮，打开“投影曲线”对话框，如图 5-40 左图所示，选择步骤 5 绘制的草图为“要投影的草图”，选择叶轮上表面为“投影面”，以“面上草图”方式创建投影线，如图 5-40 右图所示。



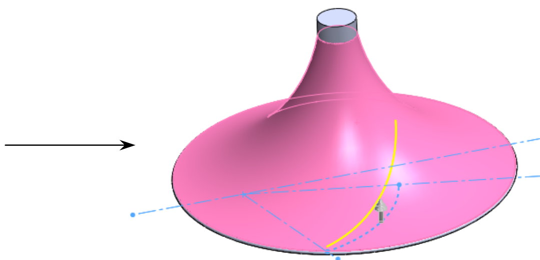


图 5-40 创建投影曲线操作

STEP 9 通过与步骤 8 相同的操作，分别选择步骤 6 和步骤 7 创建的草绘图形，在叶轮的上表面执行投影曲线操作，效果如图 5-41 所示。

STEP 10 单击“特征”工具栏中的“基准面”按钮，以经过步骤 5 所绘制草图的一个端点，且垂直于步骤 5 所绘制圆弧的方式，创建一基准面，如图 5-42 所示。

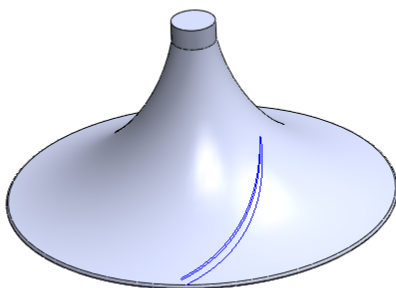


图 5-41 创建投影曲线效果

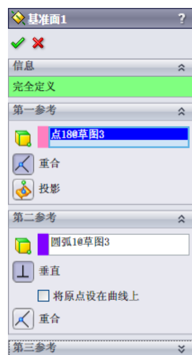


图 5-42 创建基准面操作

STEP 11 在步骤 10 创建的基准面中绘制如图 5-43 所示的草绘图形，注意令图形底部的两个端点“穿透”两侧的投影线，并为右侧边添加“竖直”约束，为中间虚线添加到底部边的“相等”约束。

STEP 12 单击“特征”工具栏中的“扫描”按钮，打开“扫描”对话框，如图 5-44 左图所示，以步骤 11 创建的图形为轮廓线，以中间投影线为路径，两侧投影线为引导线，执行扫描实体操作，效果如图 5-44 右图所示。

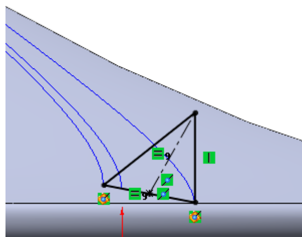


图 5-43 绘制草图效果



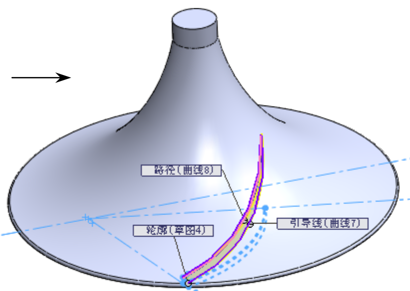


图 5-44 扫描操作

STEP 13 单击“特征”工具栏中的“圆周阵列”按钮，选择步骤 12 创建的扫描特征为“要阵列的特征”，扫描个数设置为 8，以 360° 的等间距方式，以顶部圆柱面的中心轴为旋转轴，执行“阵列”操作，效果如图 5-45 所示。

STEP 14 单击“特征”工具栏中的“异形孔向导”按钮，创建“ISO”标准的“螺纹孔”，大小为 M16，终止条件等使用系统默认值，通过添加约束定义孔的位置，效果如图 5-46 所示，完成叶轮的创建。

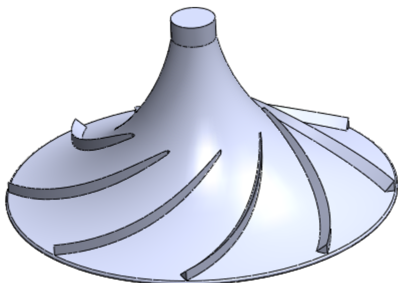


图 5-45　阵列效果

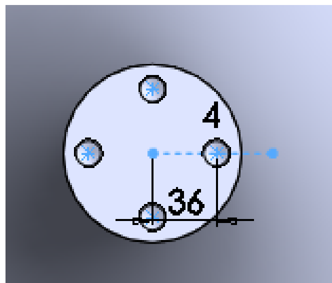


图 5-46　创建孔操作

5.2　创建曲面

曲面是以点和线为构型基础生成的面。实体特征可以非常便捷地创建形状规则的模型，但无法进行高复杂度的造型设计，在此情况下，可以使用曲面特征。曲面特征可以使用多种比较弹性化的方式创建复杂的单一曲面，然后可将多个单一曲面缝合成完整且没有间隙的曲面模型，进而可将曲面模型填充为实体。

在 SolidWorks 中，主要使用“曲面”工具栏（图 5-47）中的工具来创建曲面并编辑曲面，本节将主要介绍创建曲面工具的使用。



图 5-47　“曲面”工具栏

5.2.1　拉伸、旋转、扫描和放样曲面

拉伸、旋转、扫描和放样曲面与拉伸、旋转、扫描和放样实体的操作基本相同，如图 5-48 所示，详细操作方法可参考第 3 章，此处不再赘述。

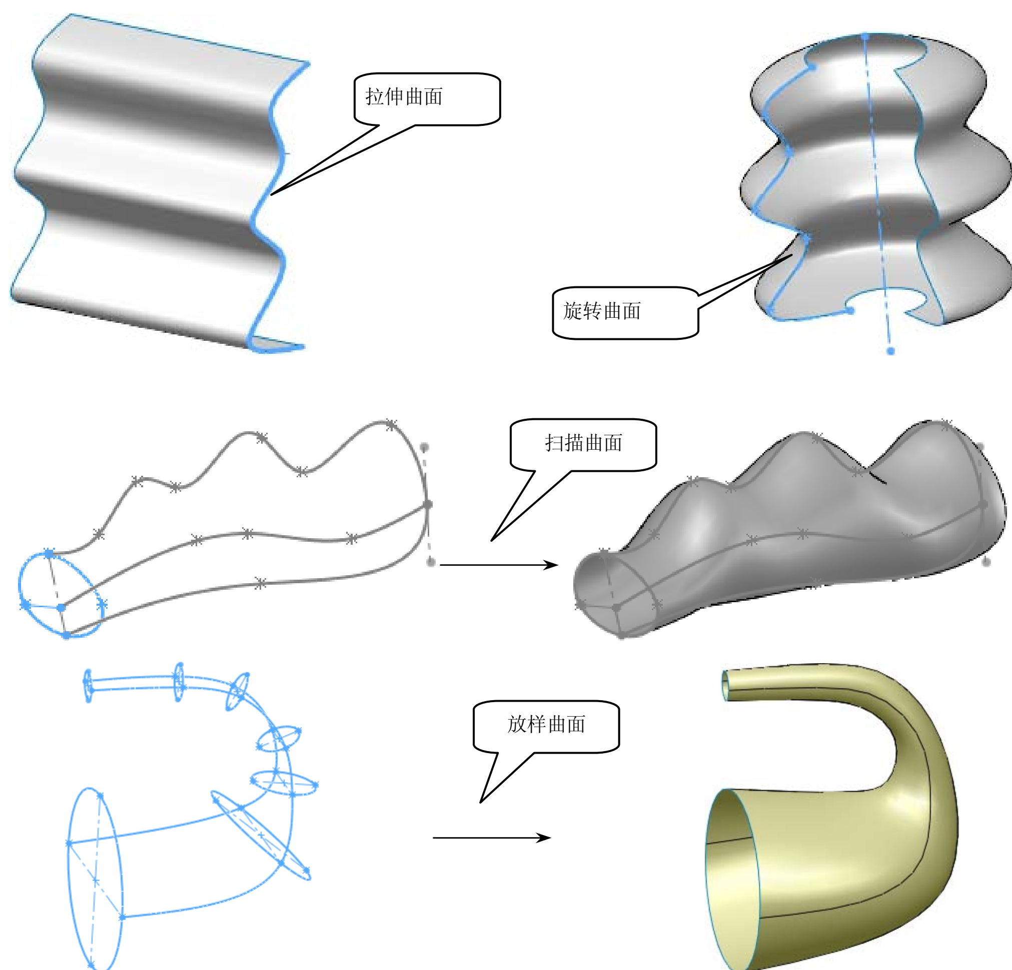


图 5-48 拉伸、旋转、扫描和放样曲面

5.2.2 边界曲面

“边界曲面”可用于生成在两个方向（可理解为横向和竖向）上与相邻边相切或曲率连续的曲面，如图 5-49 所示。

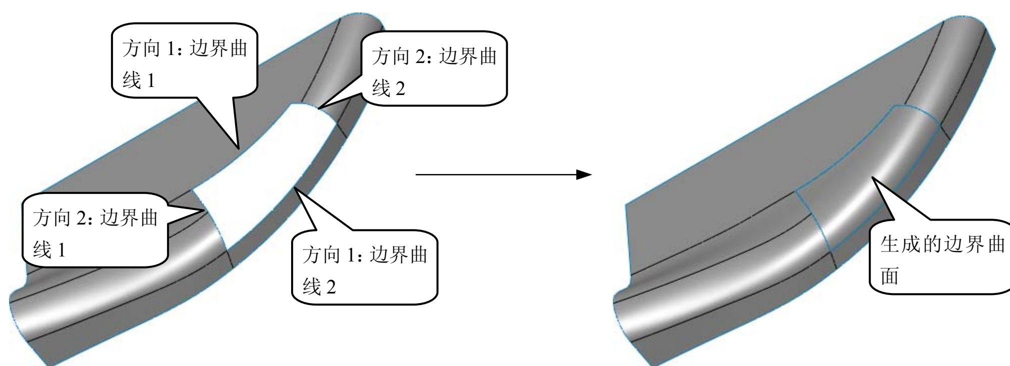


图 5-49 创建“边界曲面”

下面先来看一个使用“边界曲面”创建风扇叶轮的实例，操作步骤如下：

STEP 1 打开本书提供的素材文件“边界曲面素材.SLDPRT”，如图 5-50 左图所示，在基准面 1 中绘制如图 5-50 中图所示的草绘图形，再单击“分割线”按钮，在素材外侧的面上创建一分割线，如图 5-50 右图所示。

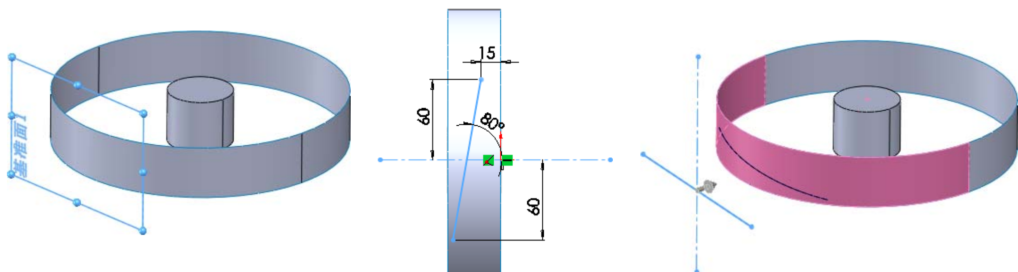


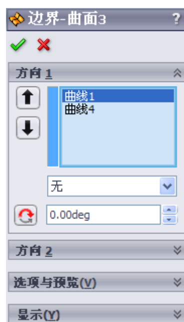
图 5-50 创建“分割线 1”

STEP 2 在基准面 1 中再创建一如图 5-51 左图所示的草绘图形，并同样单击“分割线”按钮在素材内部的圆柱上创建一分割线，如图 5-51 图所示。



图 5-51 创建“分割线 2”

STEP 3 单击“曲面”工具栏中的“边界曲面”按钮，打开“边界曲面”属性管理器，如图 5-52 左图所示，依次选择前面两步绘制的分割线，如图 5-52 右图所示，其他选项保持系统默认，单击“确定”按钮创建一边界曲面（将最外侧曲面隐藏即可）。



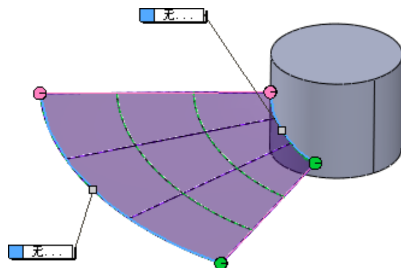
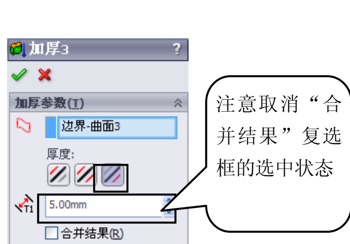


图 5-52 创建“边界曲面”

STEP 4 选择“插入”>“凸台/基体”>“加厚”菜单，打开“加厚”属性管理器，如图 5-53 所示，选择步骤 3 绘制的边界曲面，设置加厚厚度为 5，并正确设置加厚的方向，单

击“确定”按钮对曲面执行加厚操作（此时曲面转化为实体）。



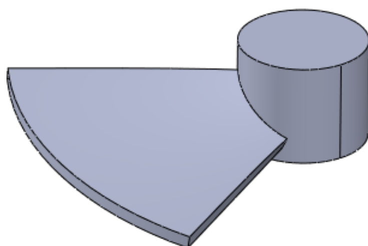


图 5-53　加厚“边界曲面”

STEP5 单击“圆角”按钮，对叶轮的两个角进行圆角处理，如图 5-54 左图所示，圆角大小设置为 15，再次单击“圆角”按钮，对叶轮上下边角进行圆角处理，圆角大小设置为 1.5，如图 5-54 右图所示。

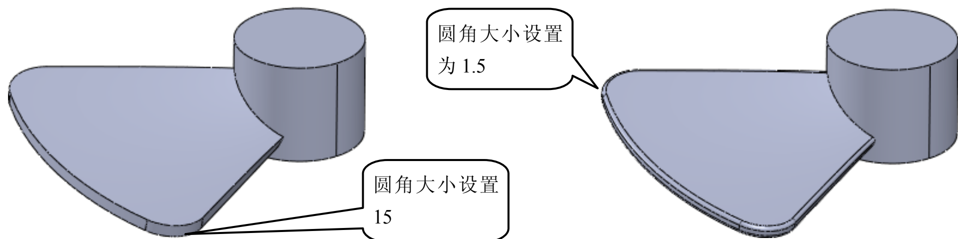


图 5-54　圆角叶轮面

STEP6 单击“圆周阵列”按钮，打开“阵列（圆周）”属性管理器，如图 5-55 左图所示，选择中间圆周面以其轴线作为阵列轴，选择叶轮作为要阵列的实体，阵列个数设置为 3，单击“确定”按钮，完成叶轮的阵列。



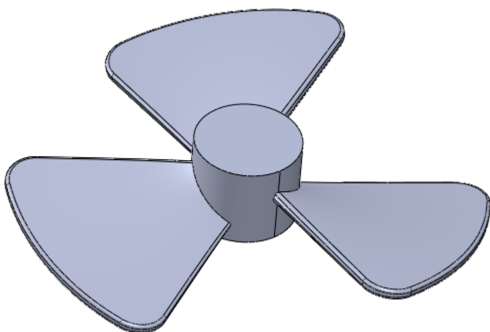


图 5-55　阵列叶轮

STEP7 在圆柱的上表面绘制一如图 5-56 所示的圆，然后单击“拉伸/凸台基体”按钮，对圆进行拉伸，拉伸深度设置为 40，并选中“合并结果”复选框，如图 5-56 中图所示，单击“确定”按钮完成风扇叶轮的创建，如图 5-56 右图所示。

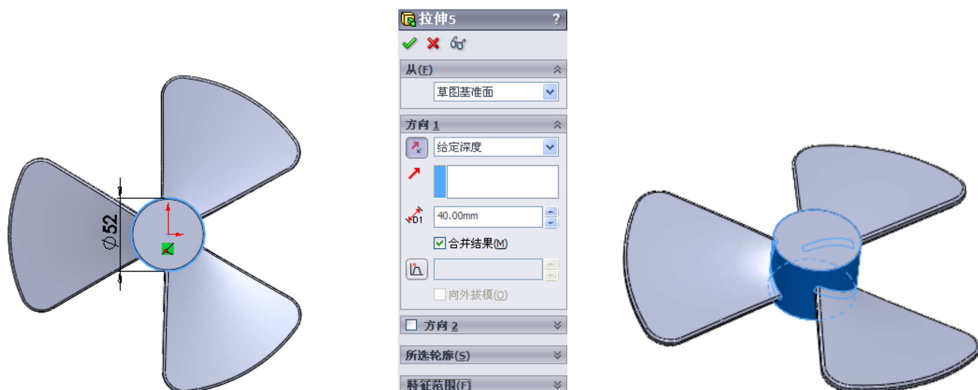


图 5-56　合并实体

上面实例所创建的边界曲面较简单，如果使用曲面边线创建边界曲面，则可以对更多的选项进行设置，从而生成更加复杂的曲面，如图 5-57 所示。

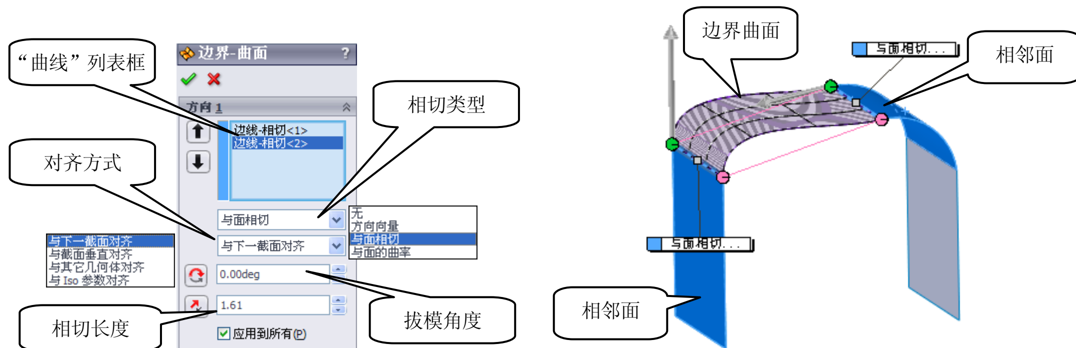


图 5-57　有相邻面的边界曲面

图 5-57 左图所示为设置一个方向上的边线时，选项卡的主要参数，下面分别解释一下各参数的含义：

- “曲线”列表框：用于确定此方向生成边界曲面的曲线，可以选择草绘曲线、面或边线作为边界曲线（如果边界曲线的方向有错误，可以在绘图区中单击鼠标右键从弹出的快捷菜单中选择“反转接头”菜单项）。
- “相切类型”下拉列表：用于设置所生成的边界曲面在某个边界处与边界面的相切类型，如可设置为“无”“方向向量”和“与面相切”等，其设置效果如图 5-58 所示。

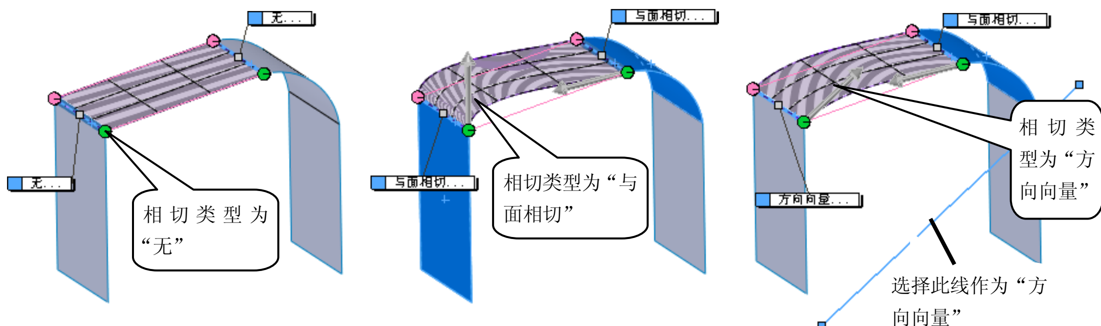


图 5-58　不同相切类型所生成的曲面

➢ “对齐”下拉列表：此下拉列表只在单方向时可用，用于控制 ISO 参数的对齐方式（相当于控制所生成的边界曲面“横向”和“纵向”的参数曲线的方向），从而控制曲面的流动。
➢ “拔模角度”文本框：用于设置开始或结束曲线处的拔模角度。
➢ “相切长度”文本框：用于设置在边界曲线处，相切幅值的大小，其设置效果如图 5-59 所示。

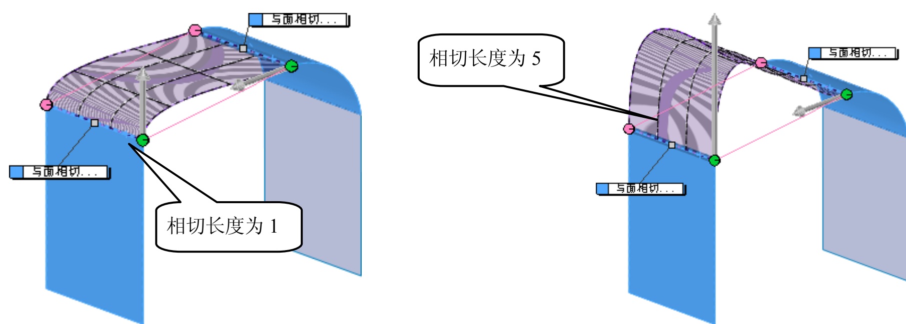


图 5-59 不同相切长多下的边界曲面

当在两个方向上设置边线时，可以设置曲线的感应类型，如图 5-60 左上图所示，各感应类型的意义如下（可参考图 5-60 进行理解）：

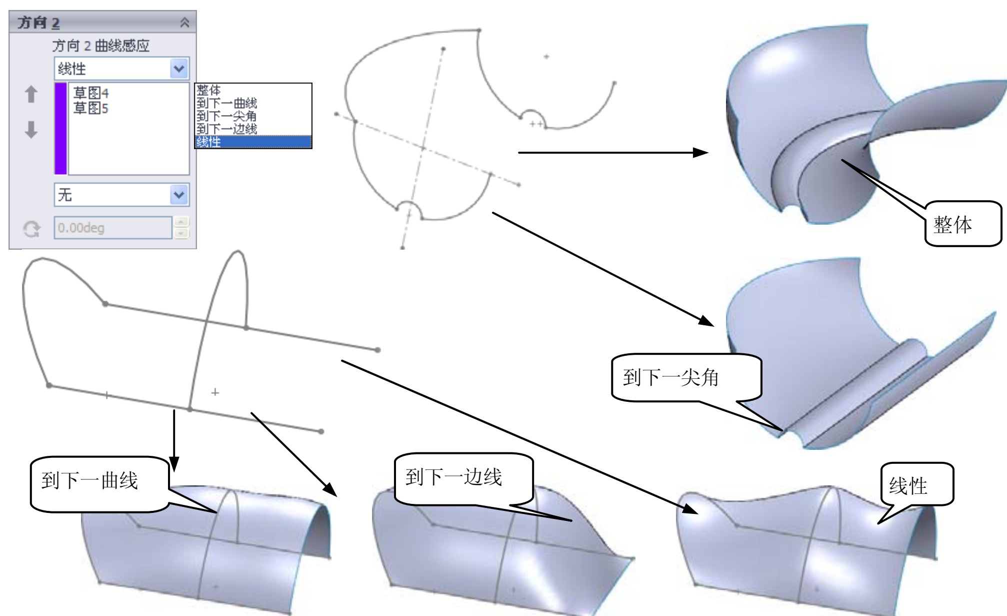
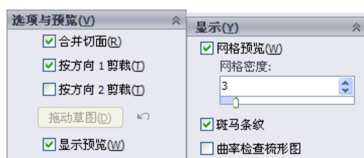


图 5-60 各感应类型的意义

➢ 整体：将曲线影响延伸至整个边界曲面。
➢ 到下一尖角：将曲线影响延伸至下一尖角，超过尖角的区域将不被影响（两个不相切的面形成的边角即为尖角）。
➢ 到下一曲线：只将曲线影响延伸至下一曲线。
➢ 到下一边线：只将曲线影响延伸至下一边线。
➢ 线性：将曲线的感应线性地延伸至整个边界曲面上。

此外，“边界曲面”属性管理器中还有如图 5-61 左图所示两个卷展栏，在“选项与预览”卷展栏中选择“按方向 1 裁剪”复选框可以设置当曲线不形成闭合的边界时，按方向剪裁曲面，如图 5-61 右图所示；“显示”卷展栏主要用于设置创建“边界曲面”时曲面的预览效果，此处不对其做详细叙述。



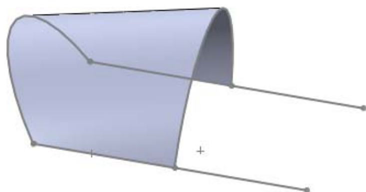


图 5-61　其他卷展栏和按方向裁剪的作用

5.2.3 填充曲面

使用“填充曲面”工具可以沿着模型边线、草图或曲线定义的边界对曲面的缝隙（或空洞等）进行修补从而生成符合要求的曲面区域。

如图 5-62 所示，打开本书提供的素材文件“填充曲面素材.SLDPRT”，单击“曲面”工具栏中的“曲面填充”按钮，打开“曲面填充”对话框，选中素材内部缺口的所有边线，在“曲率控制”下拉列表中选择“相切”列表项，并选中“应用到所有边线”复选框，单击“确定”按钮即可生产“填充曲面”。

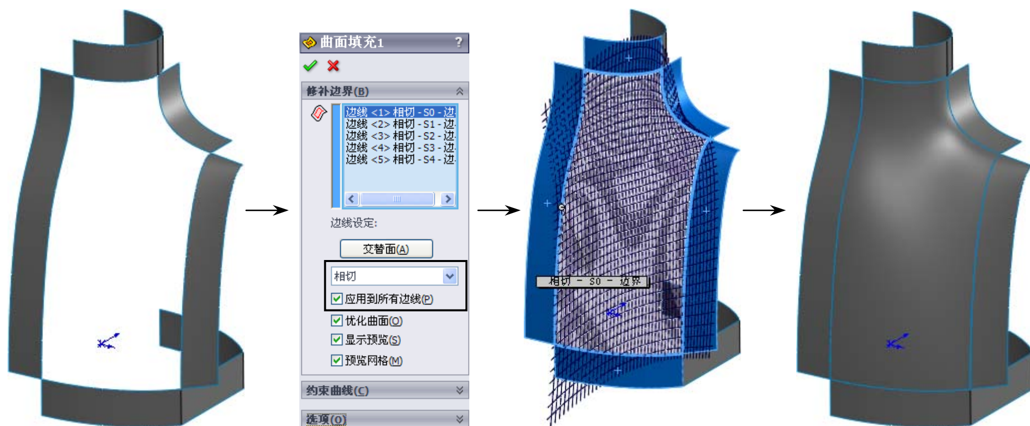


图 5-62　创建填充曲面操作

在创建“填充曲面”的过程中可以设置生成填充曲面与原曲面的连接条件，如设置“曲率”或“相切”等，从而使填充后的曲面变得更加光滑。

下面解释一下“填充曲面”属性管理器（图 5-62 左图）中部分选项的作用：

- “交替面”按钮：当在实体模型上生成填充曲面时此按钮有效，如图 5-63 所示，单击此按钮可为填充曲面反转边界面。
- “曲率控制”下拉列表：用于定义所生成的“填充曲面”与邻近面之间的连接关系，可以选择“相触”“相切”和“曲率”三种类型。

➢ “优化曲面”复选框：优化曲面可以令填充曲面的重建时间加快，并可增强填充曲面的稳定性。

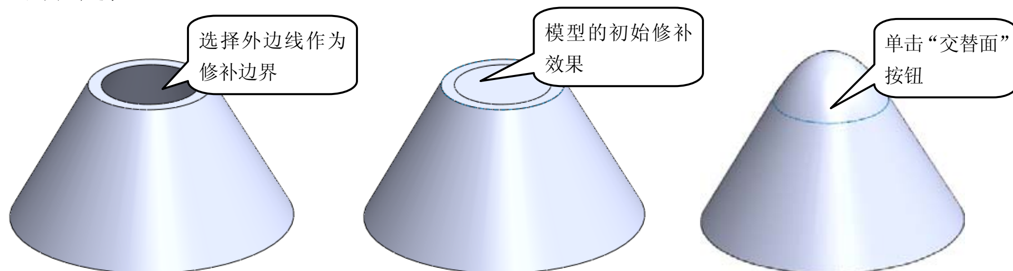


图 5-63 “交替面”按钮的作用

➢ “反转曲面”按钮：当所有边界曲线共面时，将显示此按钮，用于改变曲面修补的方向，如图 5-64 所示。

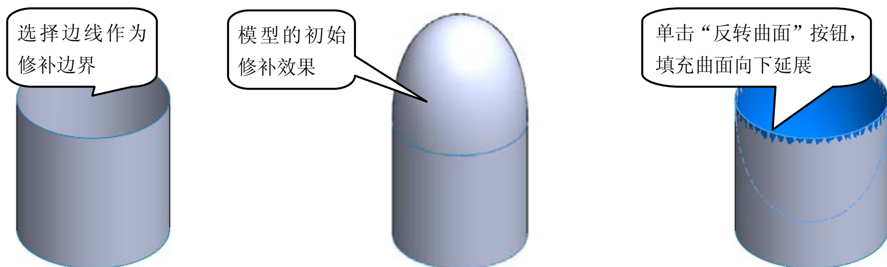


图 5-64 “反转曲面”按钮的作用

➢ “选项”卷展栏中的“修复边界”复选框：选中此复选框后将自动修补边界缺口，从而生成填充曲面，如图 5-65 所示。

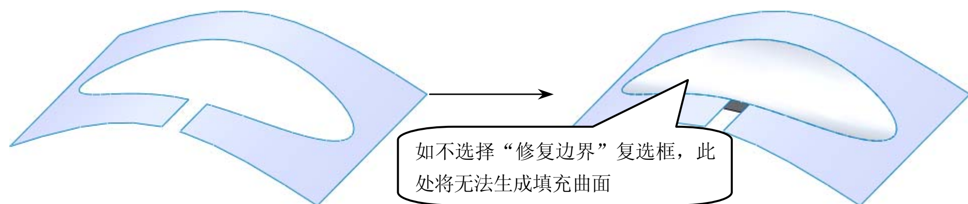


图 5-65 “修复边界”复选框的作用

➢ “约束曲线”卷展栏：用于给修补曲面添加约束线控制，可以使用草绘点或样条曲线作为约束曲线控制填充曲面的形状，如图 5-66 所示。

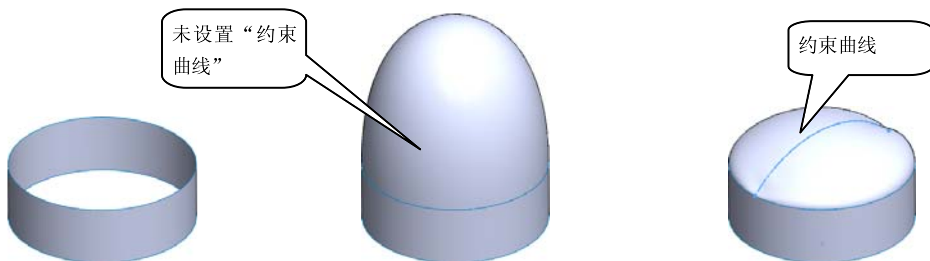


图 5-66 “约束曲线”的作用

5.2.4 平面区域

使用“平面区域”工具可以通过处于一个平面内的曲线来生成平面。在如下情况时可以使用此命令：一组闭合边线、非相交闭合草图、多条共有平面分型线、一对平面实体，如图 5-67～图 5-70 所示（执行此命令后选择边线或草图即可）。

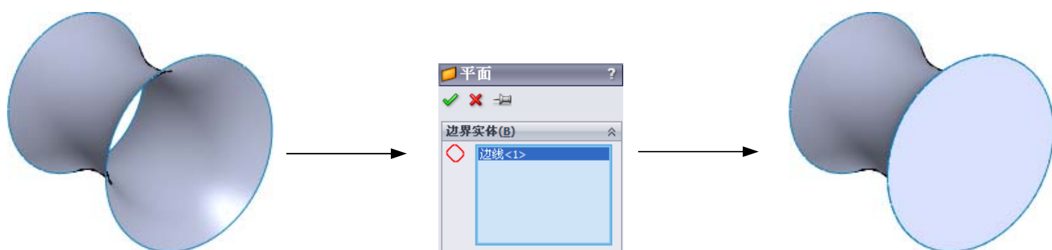


图 5-67　通过一组闭合边线来生成平面区域



图 5-68　通过非相交闭合草图来生成平面区域

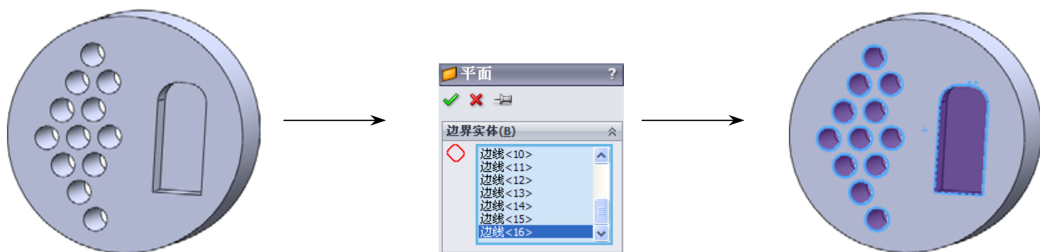


图 5-69　通过多条共有平面分型线来生成平面区域

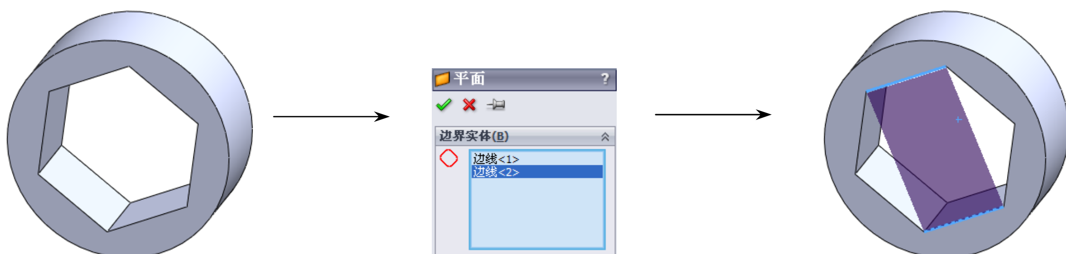


图 5-70　通过一对平面实体来生成平面区域

5.2.5 等距曲面

“等距曲面”是指将选定曲面沿其法向方向偏移一定距离后生成的曲面，可同时偏移多个面，并可根据需要改变偏移曲面的方向。

单击“曲面”工具栏中的“等距曲面”按钮，打开“等距曲面”对话框，如图 5-71 左图所示，在绘图区中选中要等距的曲面，设置等距距离，单击“确定”按钮即可创建一等距曲面，如图 5-71 右图所示。

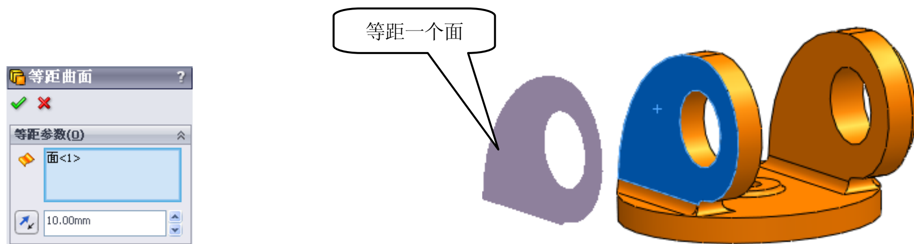


图 5-71　等距曲面

5.2.6 直纹曲面

“直纹曲面”是指将曲面或实件的边界按照某个规则进行拉伸而得到的曲面，通常在模具设计中用于创建分模面。

“直纹曲面”分为“相切于曲面”“正交于曲面”“锥削到向量”“垂直于向量”和“扫描”五种创建类型，下面结合图例介绍每种类型的作用。

➢ 相切于曲面：此类型生成的直纹曲面与共享一条边线的曲面相切，如图 5-72 所示（此时通过“直纹曲面”对话框中的文本框可以设置直纹曲面延伸的长度）。

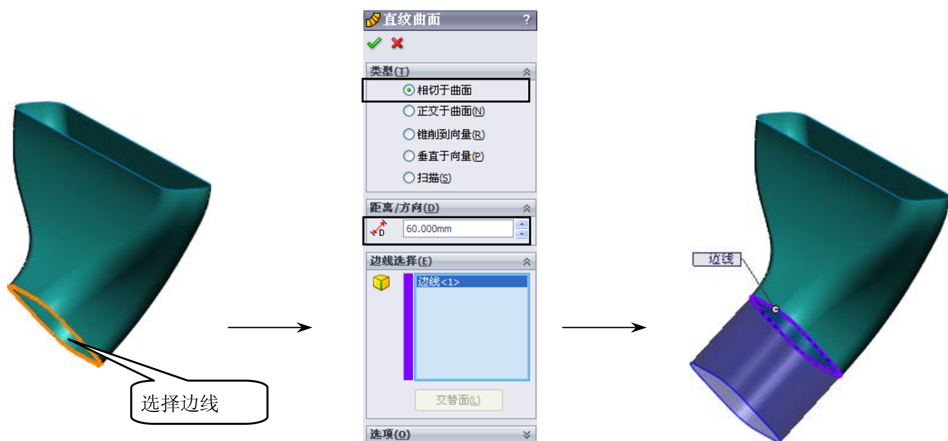


图 5-72　“相切于曲面”方式创建直纹曲面的操作

➢ 正交于曲面：此类型创建的直纹曲面与共享一边线的曲面垂直，如图 5-73 所示，创建曲面时可调整直纹曲面的方向与距离值。

➢ 锥削到向量：此类型用于在“矢量参照”指定的方向上创建直纹曲面，创建曲面时需

指定参考矢量，而创建的直纹面与参考矢量间有一个锥削角度值，创建过程中可对这个值进行修改，也可更改直纹面的延伸长度，如图 5-74 所示。

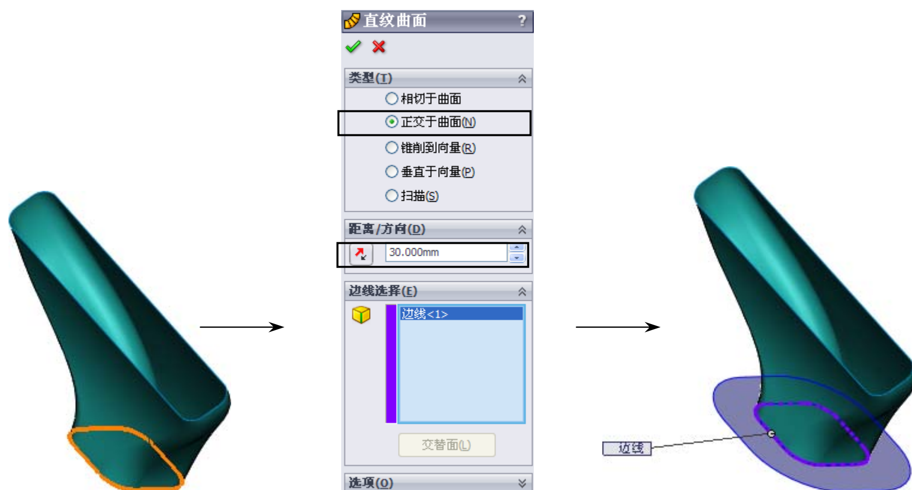


图 5-73 “正交于曲面”方式创建直纹曲面的操作

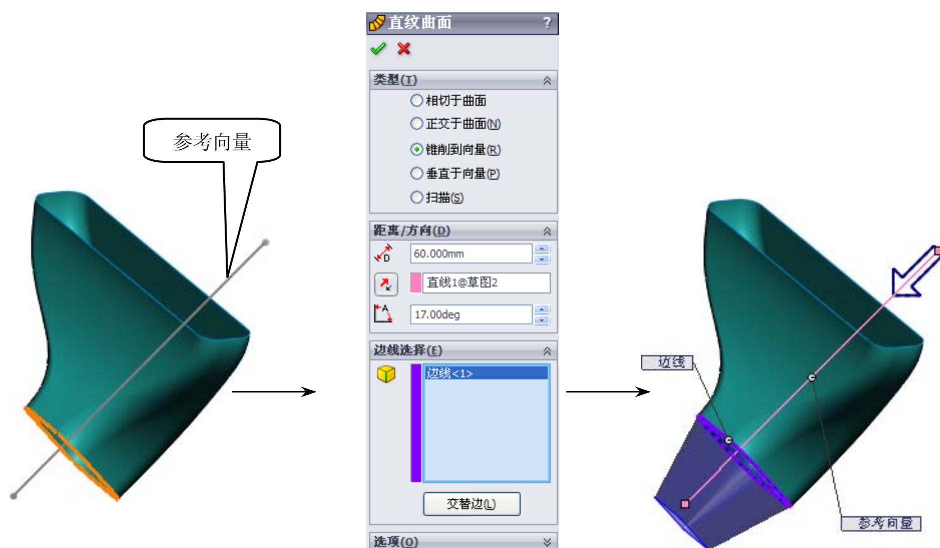


图 5-74 “锥削到向量”方式创建直纹曲面的操作

- 垂直于向量：此类型创建的直纹曲面与所指定的参考向量垂直，创建曲面时需指定参考向量，如图 5-75 所示。
- 扫描：此类型以所选边线为引导曲线来生成一扫描曲面，创建曲面时可指定参考向量作为扫描曲面的扫描方向，也可以选择“坐标输入”复选框，通过输入坐标值（此坐标值与原点间连线的方向即为扫描方向）指定扫描方向，如图 5-76 所示。

此外当选择两条以上边线生成“直纹曲面”时，“直纹曲面”属性管理器“选项”卷展栏中的复选框可用，此时选择“连接曲面”复选框可将生成的“直纹曲面”自动连接起来，如图 5-77 所示，如选择“剪裁和缝合”复选框则可以自动修剪曲面生成的“直纹曲面”，并对

其进行缝合，如图 5-78 所示。

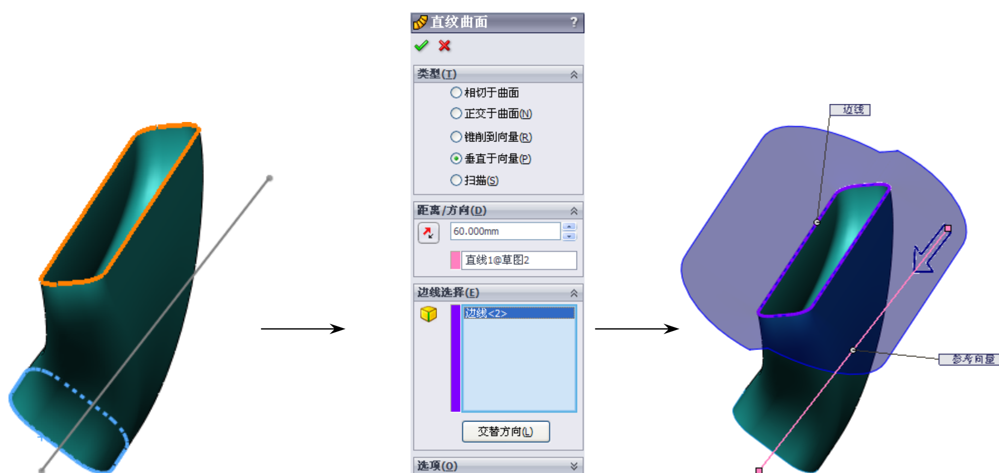


图 5-75 “垂直于向量”方式创建直纹曲面的操作



图 5-76 “扫描”方式创建直纹曲面的操作

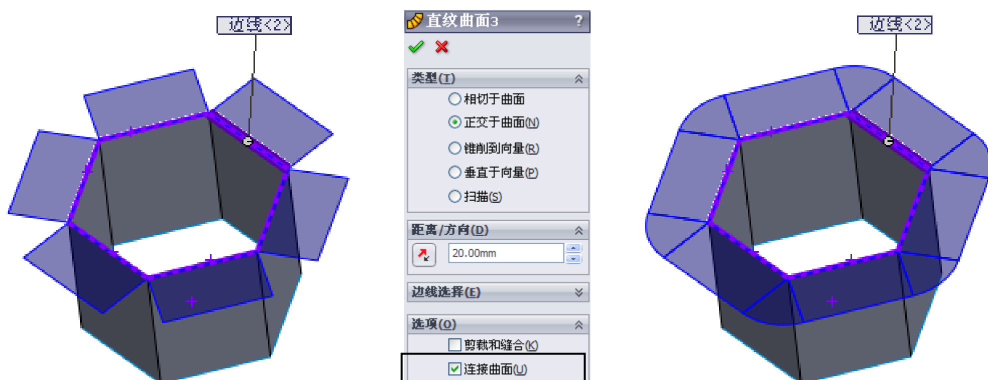


图 5-77 “连接曲面”复选框的作用

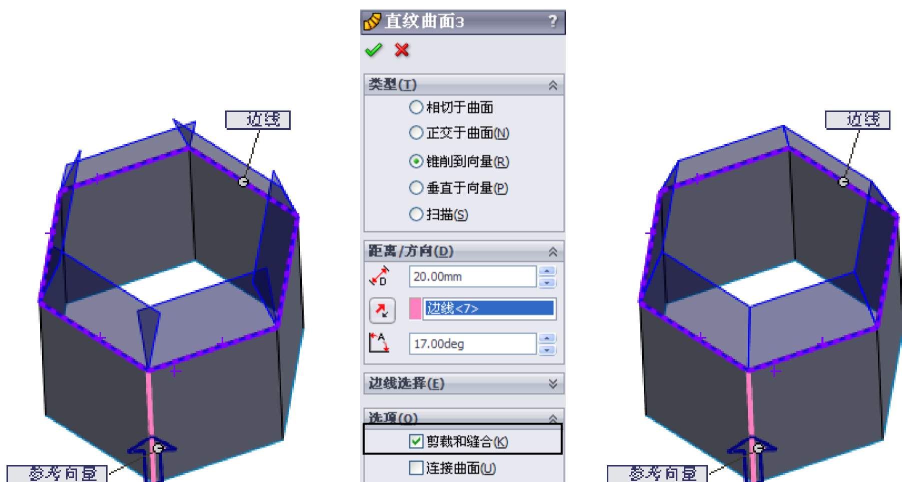


图 5-78 “剪裁和缝合”曲面复选框的作用

实例精讲——设计“喷嘴”

下面绘制一个“喷嘴”模型，如图 5-79 所示，以熟悉前面所学习的创建曲面的相关知识。

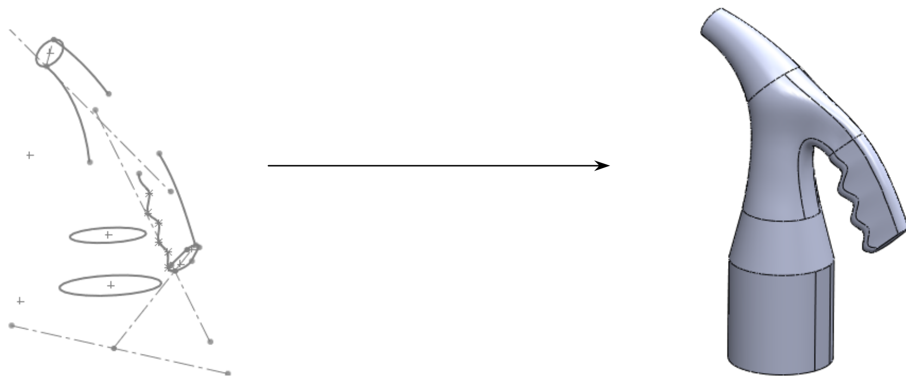


图 5-79 喷嘴的架构曲线和绘制好的喷嘴模型

【制作分析】

本实例主要使用“放样曲面”“扫描曲面”功能创建出喷嘴的主体造型，然后使用“放样曲面”等功能连接喷嘴的各个组成部分，再对曲面进行延展并创建平面区域，最后通过“缝合曲面”形成实体，再进行“抽壳”操作即可得到喷嘴模型。

【制作步骤】

STEP 1 新建一零件文件，在前视图和离前视图为 20 的基准面上创建如图 5-80 左图所示的圆，单击“放样曲面”按钮选择这两个圆进行放样操作（“开始约束”和“结束约束”均选择“无”，其他选项保持系统默认），生成放样曲面，如图 5-80 右图所示。

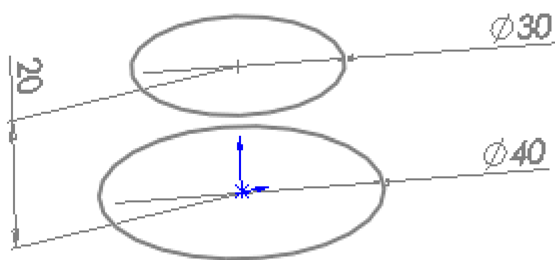


图 5-80　绘制圆并进行放样操作

STEP 2 在“右视基准面”中创建一如图 5-81 左图所示的草绘图形（样条曲线大体相似即可），再创建一垂直于“虚线 1”并通过“点 X”的基准面，如图 5-81 右图所示。

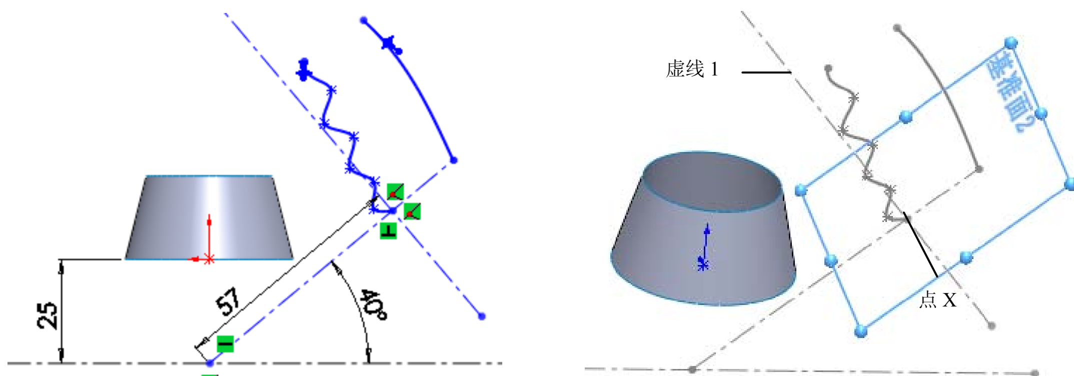


图 5-81　绘制手柄的轮廓曲线

STEP 3 在新创建的基准面中绘制如图 5-82 左图所示的草绘图形，然后单击“扫描曲面”按钮，选择步骤 2 创建的草绘线作为“路径曲线”，选择本步创建的草绘图形作为扫描轮廓，扫描出喷嘴的把手曲面，如图 5-82 右图所示。

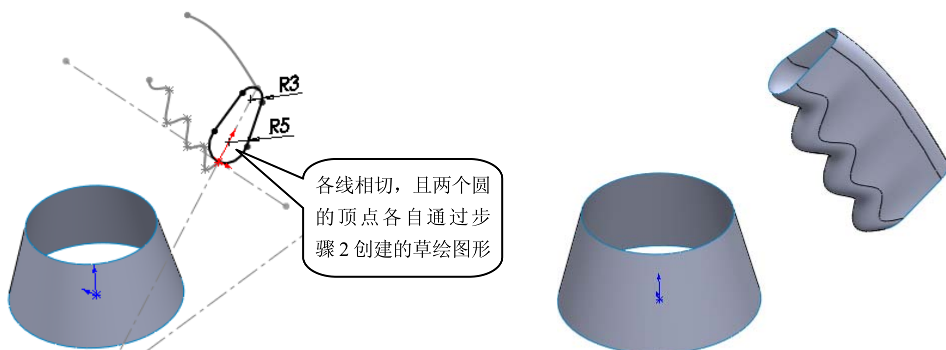


图 5-82　绘制手柄的截面图形并扫描出喷嘴手柄

STEP 4 在“右视基准面”中创建一如图 5-83 所示的草绘图形作为瓶嘴处的轮廓曲线。

STEP 5 创建一垂直于步骤 4 所创建的草绘图形的基准面，如图 5-84 左图所示，并在此基准面中创建一通过步骤 4 所创建的曲线的圆，如图 5-84 中图所示。单击“扫描”按钮，以圆为轮廓线，以步骤 4 创建的曲线为扫描路径，扫描出喷嘴的嘴部曲面。

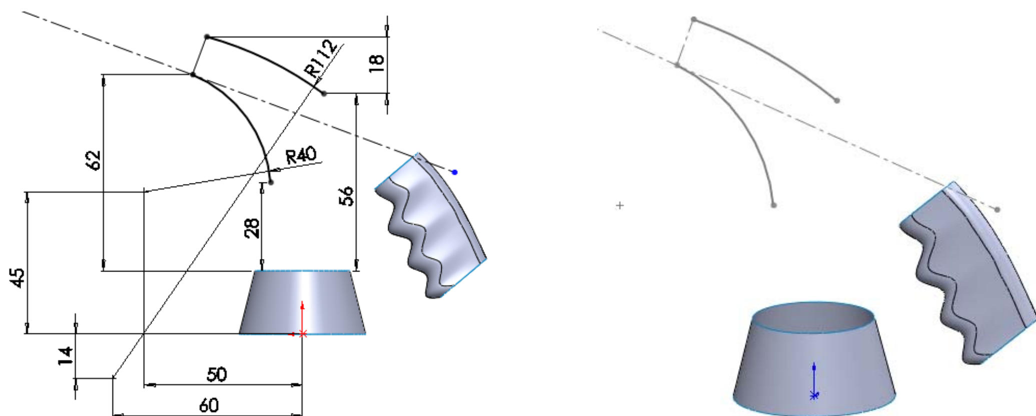


图 5-83　绘制喷嘴嘴部的轮廓曲线

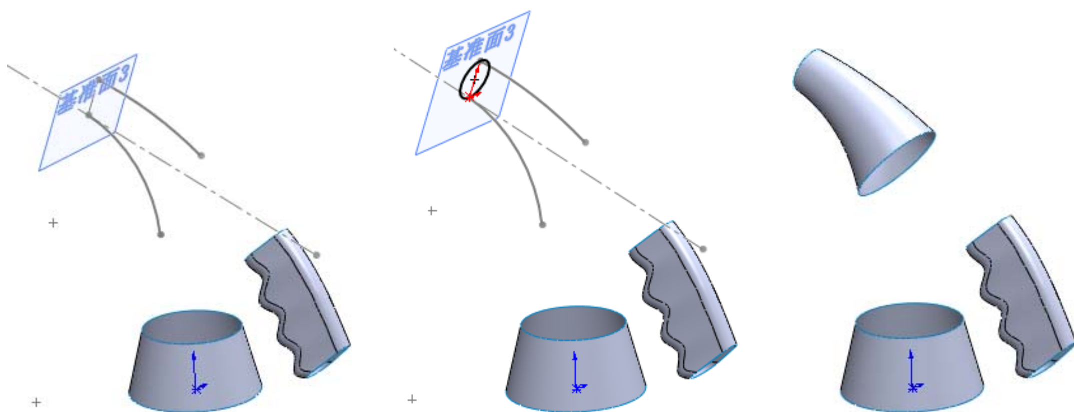


图 5-84　绘制喷嘴嘴部的轮廓曲线并放样出嘴部曲面

STEP 6 进入步骤 5 所创建的基准面的草绘模式，创建一如图 5-85 左图和中图所示的草绘图形（注意两条竖线通过喷嘴手柄部的最宽处，且竖线长度应涵盖所有曲面），然后单击“分割线”按钮，使用此曲线分别分割喷嘴嘴部的曲面和喷嘴底部的曲面，如图 5-85 右图所示。

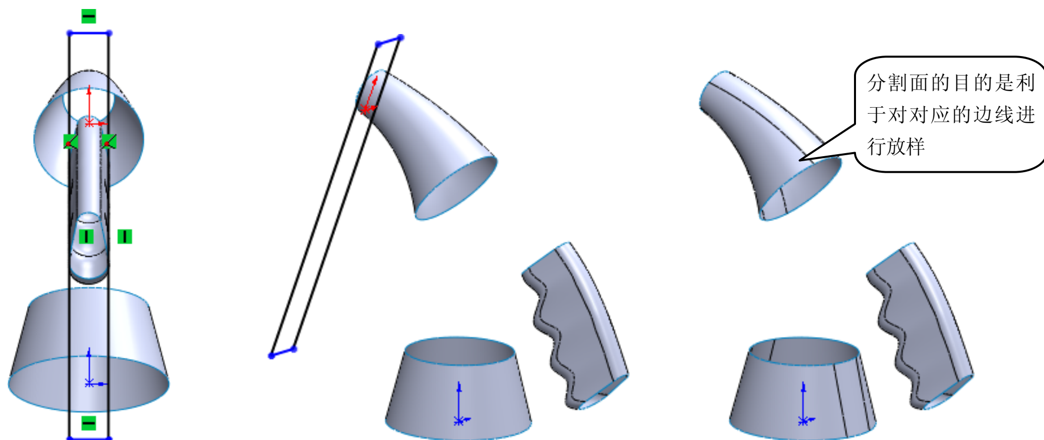


图 5-85　创建草绘图形并对嘴部曲面和底部曲面进行分割

STEP 7 单击“放样曲面”按钮按照图 5-86 左图所示，分别选择对应的边线进行放样操作，效果如图 5-86 中图所示（放样的“开始约束”和“结束约束”全部选择“与面相切”即可，其他选项保持系统默认，只是在创建位于手柄和底面的放样面时需要单独调整“结束处的相切长度”，如图 5-86 右图所示）。

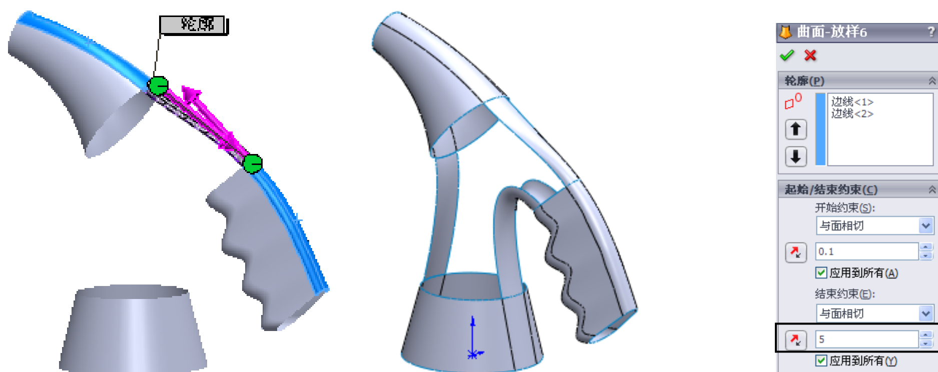


图 5-86 使用放样功能创建曲面连接喷嘴

STEP 8 单击“曲面填充”按钮，顺序选择喷嘴一侧空缺处的边线，在“曲面控制”下拉列表中选择“相切”列表项，并选中“应用到所有边线”复选框，如图 5-87 左图所示，单击“确定”按钮填充喷嘴的空白区域，通过相同操作，在模型的另一侧进行填充操作，效果如图 5-87 右图所示。

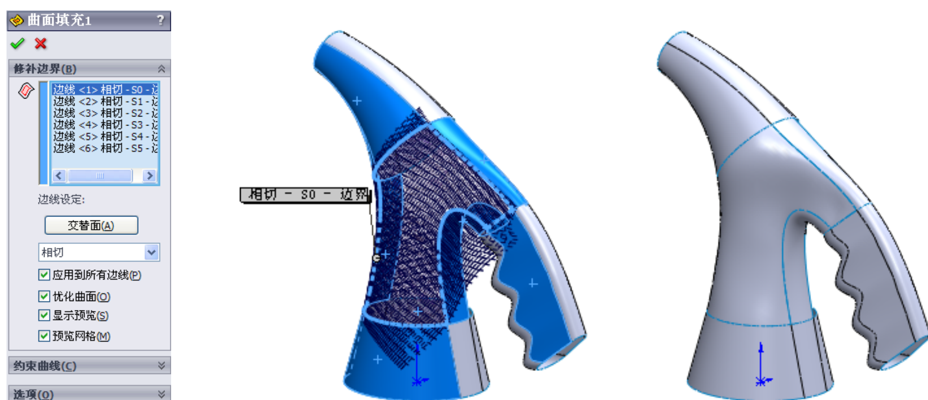


图 5-87 使用“曲面填充”功能填充喷嘴的空白区域

STEP 9 单击“拉伸曲面”按钮，选中“曲面-放样 1”特征下的“草图 1”对其进行拉伸操作，拉伸距离设置为 40，如方向有误请单击“反向”按钮进行调整，单击“确定”按钮对喷嘴下端进行延伸，如图 5-88 左边两个图所示。

STEP 10 单击“平面区域”按钮，分别选择喷嘴“嘴部”“手柄”和“底部”曲面的多条边线，封闭喷嘴曲面，如图 5-88 右边两个图所示（此步的作用是便于步骤 11 在缝合曲面时形成实体）。

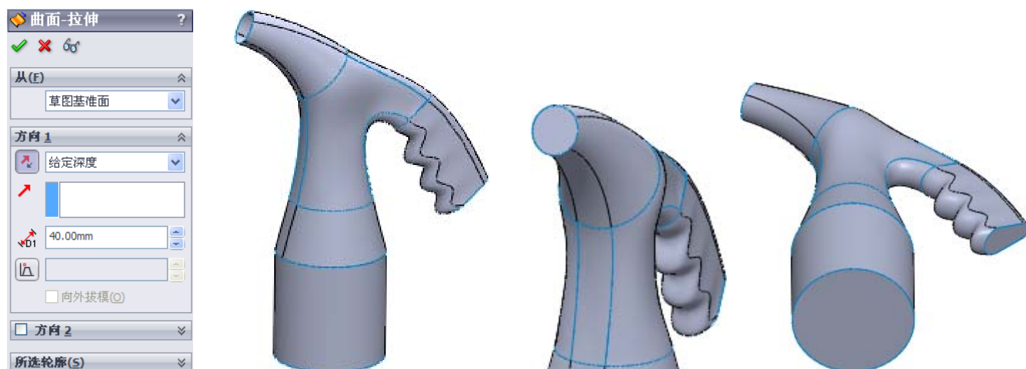
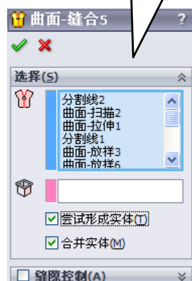


图 5-88　使用“拉伸曲面”功能拉伸喷嘴并使用“平面区域”功能将喷嘴封闭

STEP 11 单击“缝合曲面”按钮，选择模型的所有面，取消“缝隙控制”复选框的选中状态，并选中“尝试形成实体”复选框，如图 5-89 左图和中图所示，单击“确定”按钮缝合曲面并创建喷嘴实体，如图 5-89 右图所示。

关于“缝合曲面”，详见 5.3.3 节



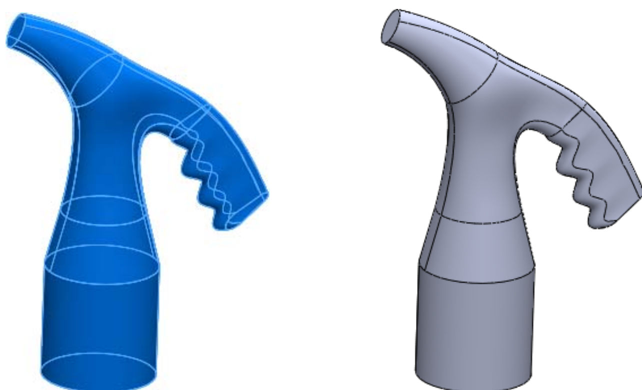


图 5-89　缝合喷嘴的各个面并形成实体

STEP 12 单击“抽壳”按钮，打开“抽壳”属性管理器，设置抽壳厚度设置为 1，如图 5-90 左图所示，分别选中喷嘴的嘴部平面和底部平面，如图 5-90 中图所示，单击“确定”按钮，完成喷嘴模型的创建，效果如图 5-90 右图所示。



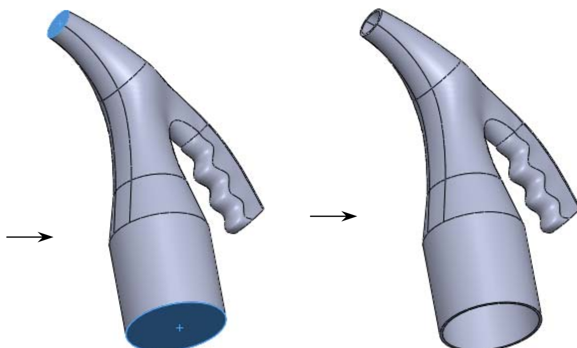


图 5-90　对喷嘴实体进行抽壳操作

5.3 编辑曲面

曲面创建完成后，会存在很多缺陷，此时可以使用编辑曲面功能（如延伸曲面、圆角曲面、缝合曲面等）对曲面进行编辑，从而得到符合要求的曲面图形，本节讲述各个编辑曲面按钮的功能和使用方法。

5.3.1 延伸曲面

使用“延伸曲面”命令可以以直线或随曲面的弧度将曲面进行延伸，可以选取曲面的一条边线、多条边线或整个曲面来创建延伸曲面，如图 5-91 所示。



图 5-91 选择面延伸曲面

图 5-91 所示为以“距离”方式对整个面进行延伸，实际上系统共提供了三种曲面延伸的终止条件：“距离”“成型到某一面”和“成型到某一点”，如图 5-91 左图所示，这三种终止条件的意义如下：

- 距离：直接指定曲面延伸的距离。
- 成形到某一面：选择此单选钮后，选择一曲面延伸到的边界面（注意此面应处于原曲面的可延伸范围内，否则不会生成延伸曲面），可将原曲面延伸到边界面，如图 5-92 所示。
- 成形到某一点：将曲面延伸到空间中一个草绘点或顶点的位置。

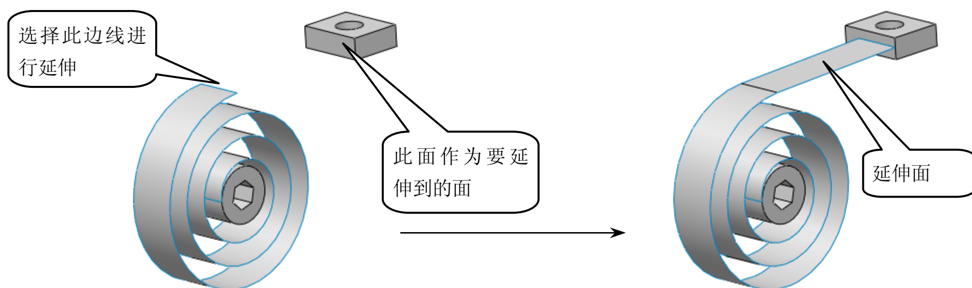


图 5-92 “成形到某一面”以线性方式延伸曲面

而且系统还提供了两种延伸类型："同一曲面"和"线性"，它们的意义分别为：

- 同一曲面：沿曲面的曲率来延伸曲面，如图 5-93 左图所示，即延伸出来的面与原曲面具有相同的曲率。
- 线性：延伸出来的面与原曲面线性相切，如图 5-93 右图所示。

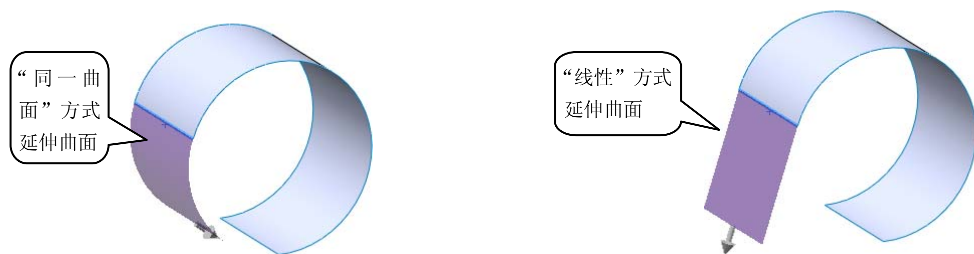


图 5-93 "同一曲面"方式和"线性"方式延伸曲面

5.3.2 圆角曲面

曲面工具条中的"圆角"按钮与特征工具条中的"圆角"按钮为同一按钮，功能完全相同，因为在前面 3.7 节中已对此按钮做了较为详细的解释，所以此处不再赘述。只是提醒一下，在使用"圆角"按钮对面进行圆角处理时，如果无法生成圆角，仍然可以通过添加辅助面的方式来获得圆角，如图 5-94 所示（这是一非常重要的圆角处理方式，希望广大读者能够熟练掌握）。

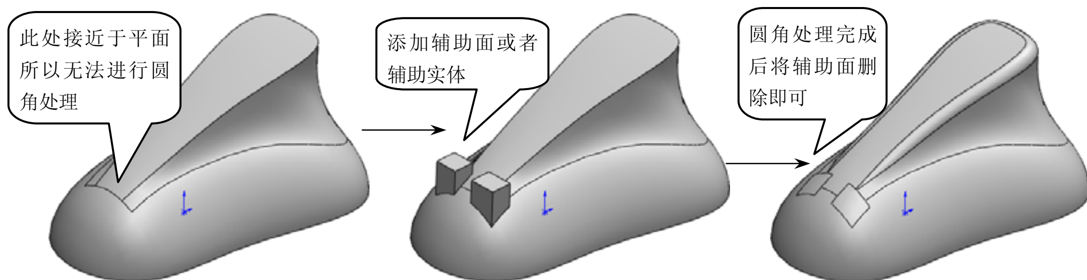


图 5-94 特殊的圆角曲面操作

5.3.3 缝合曲面

缝合曲面用于将两个或多个曲面组合成一个面组，用于缝合的曲面不必位于同一基准面上，但是曲面的边线必须相邻并且不重叠，如果组合的面组形成封闭的空间，则可以尝试生成实体，如图 5-95 所示。

执行缝合曲面的操作非常简单，单击"曲面"工具栏中的"缝合曲面"按钮，然后选择所有要缝合的曲面，取消"缝隙控制"复选框的选中状态，并单击"确定"按钮即可。

曲面缝合后，所有被缝合的曲面将在特征管理器设计树中以"曲面-缝合"的名称显示，且曲面缝合后，面和曲面的外观基本上没有变化。

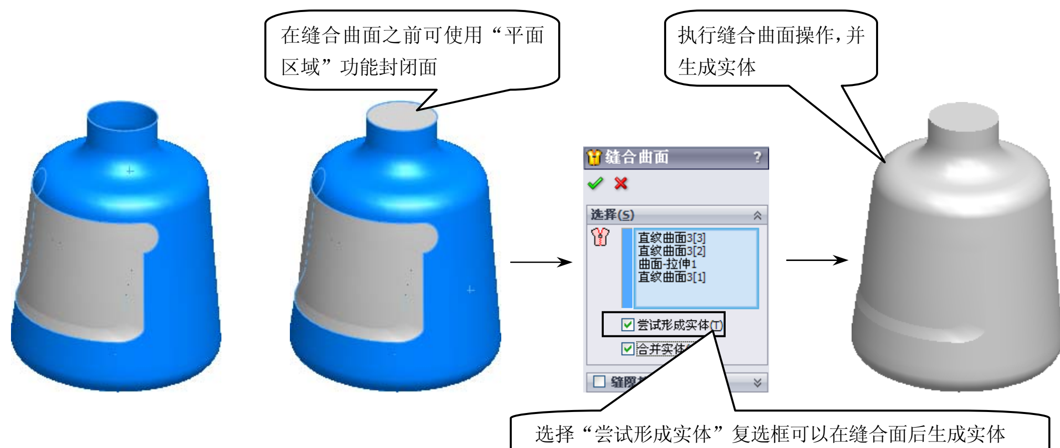


图 5-95 缝合曲面并尝试生成实体

此外，在缝合曲面时，在“缝合曲面”属性管理器中还有如下几个选项需要注意：

- 选中“合并实体”复选框，可以在合并曲面时将冗余的面、线或边线合并（其作用与实体操作时的“合并结果”复选框基本相同，只是此处合并的为曲面，而实体操作中合并的为实体），如图 5-96 所示。
- 选中“缝隙控制”复选框，可以查看引发缝隙问题的边线对组，并可根据需要查看或编辑缝合公差和缝隙范围，如图 5-97 所示。

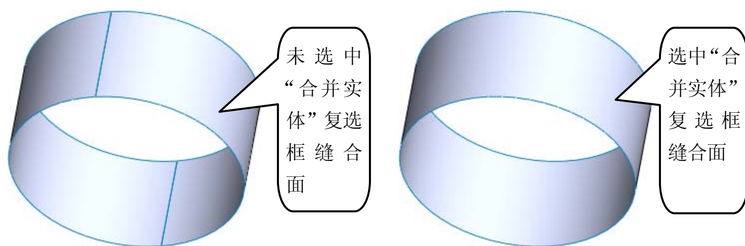


图 5-96 “合并实体”复选框的作用

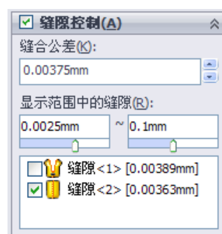


图 5-97 “缝隙控制”卷展栏

- 当选择的一个面为“延展曲面”时，在缝合曲面时将显示“源面”选择区域，如图 5-98 所示，“源面”可令用户一次性的选择模型一侧的所有面（此功能多用在分模过程中，如延展面一侧有上百个面，使用此功能选取一个面即可）。

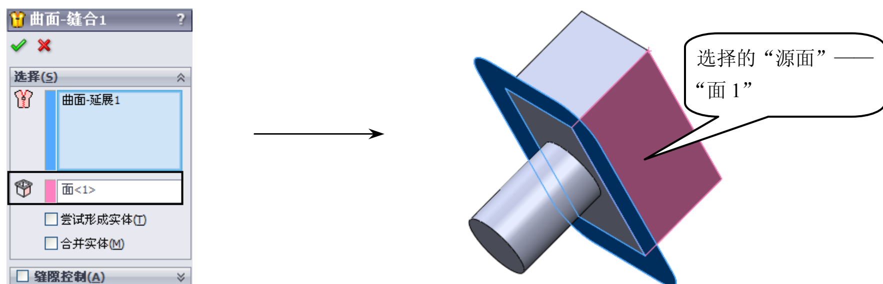


图 5-98 “源面”的作用

5.3.4 剪裁曲面

可使用“剪裁曲面”功能，沿着曲面相交的边线来裁剪曲面。此时，单击“曲面”工具栏中的“剪裁曲面”按钮，打开“剪裁曲面”属性管理器，选中“相互”单选按钮，然后选择所有面，再选择要保留或移除的曲面部分即可剪裁曲面，如图 5-99 所示。

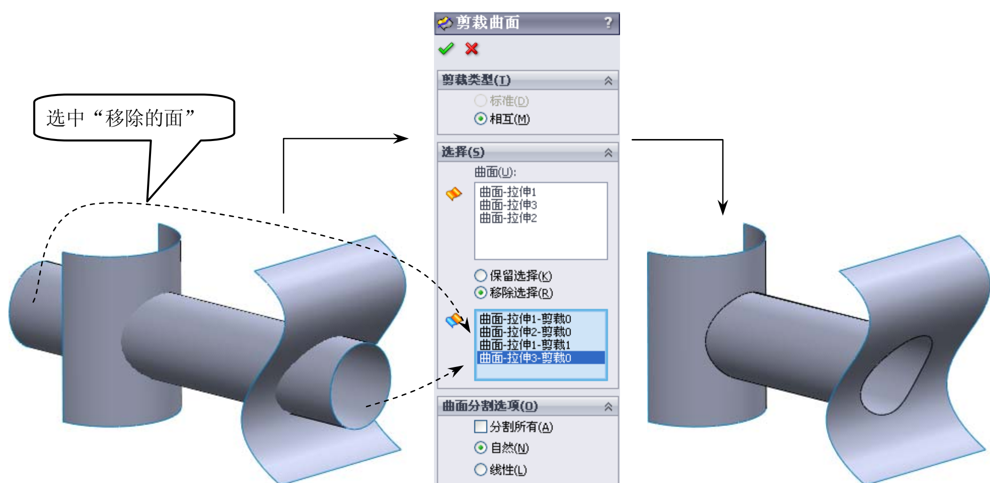


图 5-99　剪裁曲面操作

此外，也可以选中“标准”单选按钮，然后使用草图或一个面，对另外一个面执行剪裁操作，如图 5-100 所示。

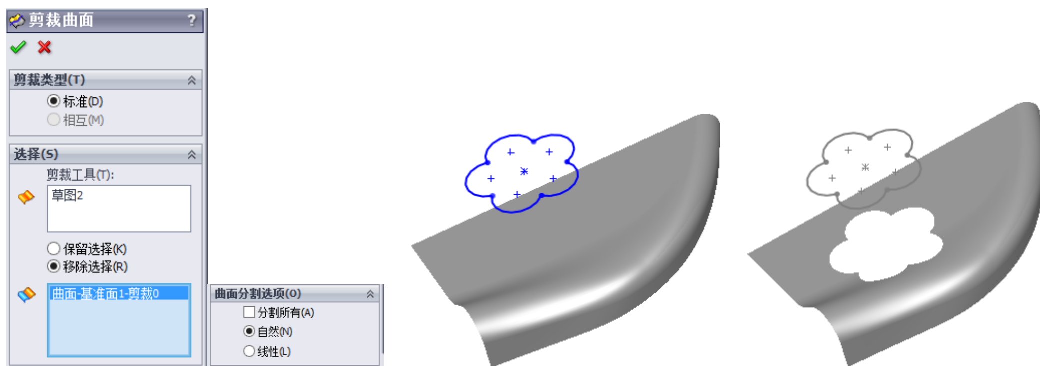


图 5-100　曲面相互修剪

另外在“曲面-剪裁”对话框中还具有“曲面分组选项”卷展栏，如图 5-100 左图所示，此卷展栏中各选项的作用如下：

- 选中此卷展栏中的“分割所有”复选框，将显示曲面中的所有分割线，并可选择分割的面，如图 5-101 左图所示。
- “自然”单选钮：边界边线将随边界曲率自然延伸，如图 5-101 中图所示。
- “线性”单选钮：边界边线将线性延伸，如图 5-101 右图所示。

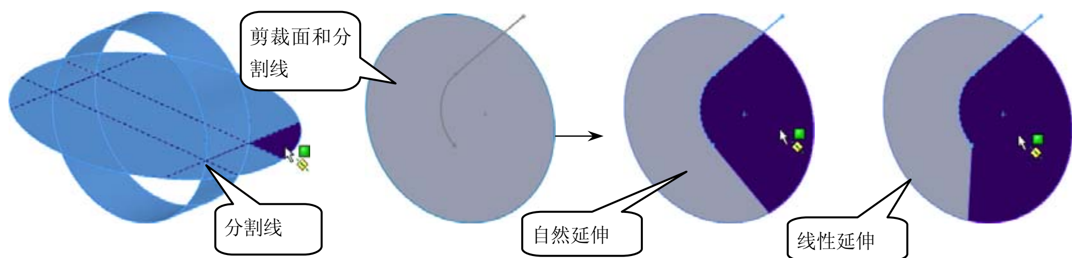


图 5-101　曲面相互修剪

5.3.5 解除剪裁曲面

“解除剪裁曲面”不是“剪裁曲面”的逆过程，而是沿着曲面边界延伸现有曲面，用于修补曲面上的洞或令现有曲面沿着现有曲面的边界自然延伸。如图 5-102 所示，如果对 5.5.3 节中剪裁的曲面使用“解除剪裁曲面”操作，对漏洞进行修补得到的曲面与源曲面是有区别的。



图 5-102　解除剪裁曲面后“现曲面”与“源曲面”之间的区别

在“曲线”工具栏中单击“解除剪裁曲面”按钮，打开“解除剪裁曲面”对话框，如图 5-103 左图所示，然后选中解除裁剪的曲面边线，单击“确定”按钮，即可完成裁剪曲面操作，如图 5-103 右边几个图所示。

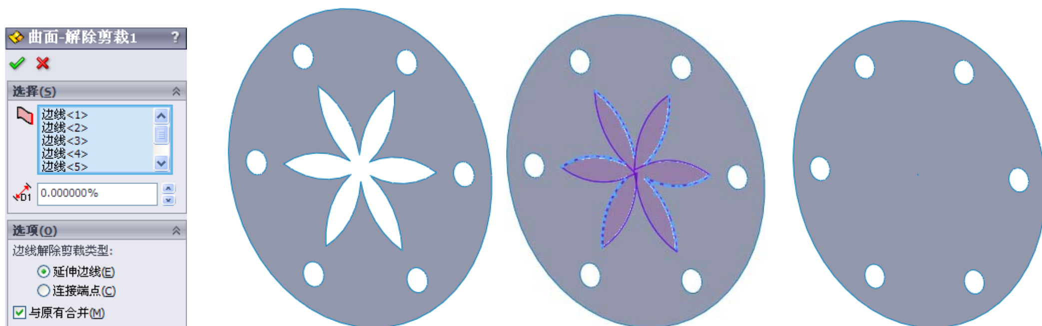


图 5-103　解除剪裁曲面操作

在“解除剪裁曲面”对话框中“百分比”文本框用于设置在此曲线上曲面延伸的百分比，“延伸边线”和“连接端点”单选钮的作用如图 5-104 所示。



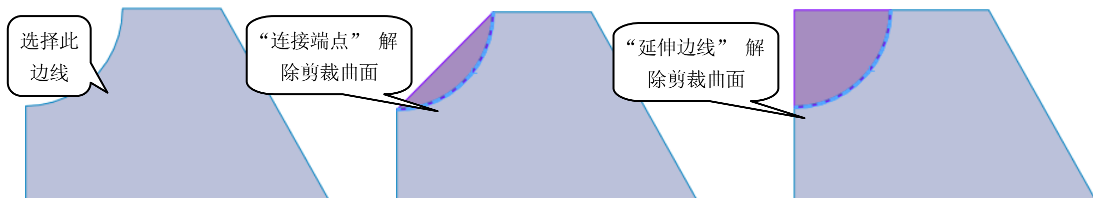


图 5-104 “延伸边线”和“连接端点”单选钮的作用

5.3.6 删除面

使用“删除面”工具可以从实体上删除面，并将实体转变为曲面。如图 5-105 所示，单击“曲面”工具栏中的“删除面”按钮，弹出“删除面”属性管理器，选中要删除的面，并选中“删除”单选钮，单击“确定”按钮，即可将模型实体被转化为曲面。



图 5-105 实体“删除面”后转变为曲面

此外，也可用其删除曲面中无用的面，或在删除面后进行原来的面进行自动填充，相当于合并实体上的这几个面，如图 5-106 所示。



图 5-106 删除并修补面操作

在“填充面”属性管理器中，如图 5-107 中图所示，“删除和修补”单选钮与“删除和填充”的区别在于：“删除和修补”后原曲面消失，周边的曲面通过自然延伸对空缺的面进行修补，如图 5-107 中图所示；而“删除和填充”后原面区域仍然存在，只是使用周围的边线对其进行填充，并形成新的曲面，如图 5-107 右图所示。

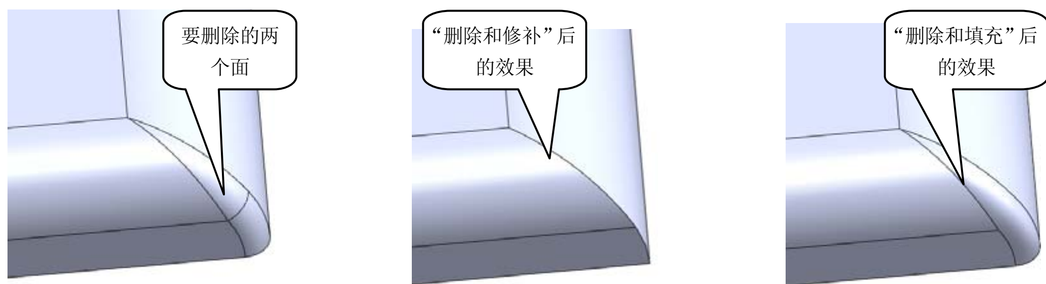


图 5-107　删除面并形成曲面操作

5.3.7 替换面

使用“替换面”工具可以使用新的曲面替换原有曲面或者实体上的面，用来替换的曲面实体不必与原有面具有相同的边界，曲面被替换后，原面的相连面将自动延伸，并裁剪到替换面，如图 5-108 所示。

单击“曲线”工具栏中的“替换面”按钮，打开“替换面”属性管理器，如图 5-108 中图所示，然后分别选择“替换曲面”和“替换的目标面”，单击“确定”按钮，即可执行曲面替换操作。



图 5-108　替换面操作



> 用于替换的曲面通常比被替换的曲面要宽和长，如果被替换的曲面小于原曲面，在某些情况下被替换的曲面将会自动延伸。另外，替换的曲面可以是多个，这些面必须相连，但是不必相切。

5.3.8 移动复制曲面

使用“移动/复制”工具可以移动、旋转或复制曲面（或实体）。移动曲面时原始曲面将不存在，而只是改变了原曲面的位置，如图 5-109 所示；复制曲面时原始曲面位置不变，可将原始曲面复制一个或多个到相应的位置，如图 5-110 所示。



图 5-109　旋转复制曲面



图 5-110　旋转复制曲面

选择“插入”>“曲面”>“移动/复制”菜单，打开“实体-移动/复制”属性管理器，如图 5-110 中图所示，此时选择“复制”复选框可以设置复制曲面的个数从而复制曲面，否则只能移动曲面；“平移”卷展栏用于设置曲面平移的参照；同样“旋转”卷展栏用于设置曲面旋转的参照；单击“约束”按钮可以设置各种约束来移动曲面（其功能类似于本书第 6 章将要讲到的装配内容，此处不做详细讲解）。

实例精讲——设计“电吹风”

下面绘制一个“电吹风”模型（如图 5-111 所示），以熟悉本章所学习的创建和编辑曲面方面的知识。

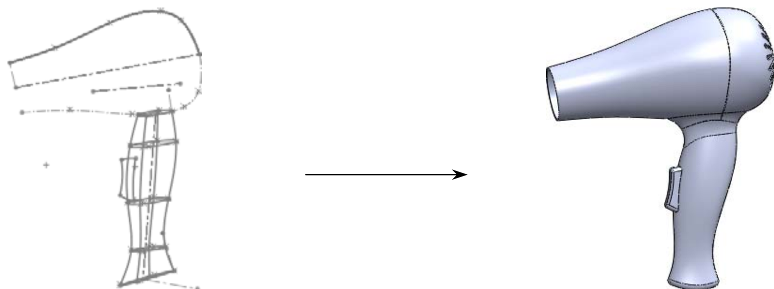


图 5-111　“电吹风”轮廓图和创建的电吹风模型

【制作分析】

本实例主要使用“旋转曲面”和“放样曲面”创建模型的主体，然后使用“延展曲面”“剪裁曲面”“圆角曲面”等功能对主体模型进行细加工，最后对绘制的面执行“加厚”和“压凹”等处理完成整个模型的绘制。

【制作步骤】

STEP 1 打开本书提供的素材文件“电吹风素材.SLDPRT”，单击“旋转曲面”按钮，选中“草图 1”作为旋转曲线，旋转出“电吹风”的吹筒曲面，如图 5-112 所示。

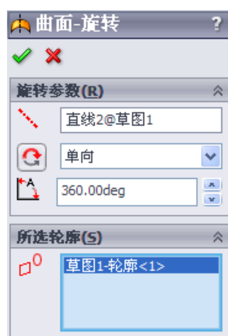


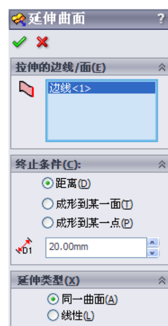
图 5-112 绘制“电吹风”的吹筒曲面

STEP 2 单击“放样曲线”按钮，打开“放样曲线”属性管理器，然后自下而上依次选择“草图 3”“草图 4”“草图 5”“草图 6”“草图 7”作为放样的轮廓曲线，然后再顺序选择“草图 2”和“草图 8”的 4 根草绘线，作为放样的引导曲线，放样出电吹风的手柄曲面，如图 5-113 所示。



图 5-113 绘制“电吹风”的手柄曲面

STEP 3 单击“延伸曲面”按钮，选择步骤 2 创建的放样曲面的上部边线，将曲面延长 20，如图 5-114 所示。



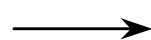
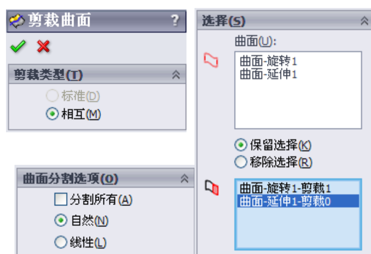



图 5-114　延伸手柄曲面

STEP 4 单击“裁剪曲面”按钮，选择“交互”方式，并分别选中前面步骤创建的两个面作为进行交互修剪的曲面，然后选择“保留选择”单选钮，并选择两个面的外侧部分作为保留的面，单击“确定”按钮完成对电吹风连接部位的剪裁，如图 5-115 所示。



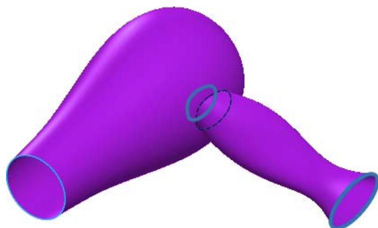
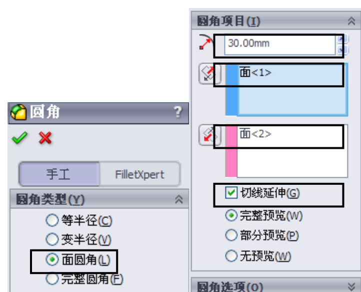


图 5-115　裁剪手柄曲面和吹筒面令其相交

STEP 5 单击“圆角”按钮，选中“面圆角”单选钮，分别选择“吹筒面”和“手柄面”作为进行圆角处理的两个面，设置圆角半径为 30，单击“确定”按钮，将吹筒面和手柄面使用圆角连接，如图 5-116 所示。



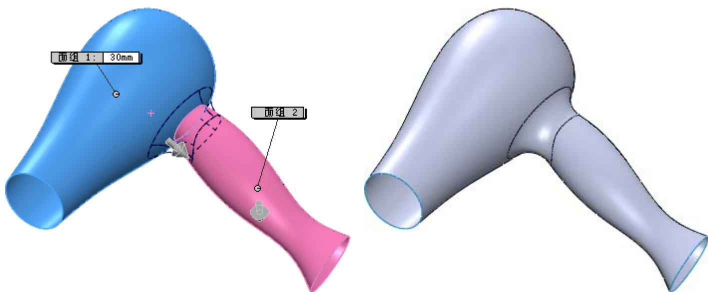
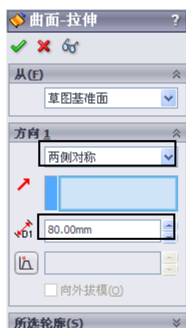


图 5-116　对“电吹风”的面进行圆角处理

STEP 6 单击“拉伸曲面”按钮，选择“草图 9”作为拉伸的草绘截面，拉伸方式设为“两侧对称”，拉伸长度设置为 80，创建一拉伸曲面，如图 5-117 所示。

STEP 7 单击“剪裁曲面”按钮，选择“交互”方式，选择“步骤 6”创建的面和手柄面，然后选中“保留选择”单选钮，再选择手柄面的上部和其开口部位的封口面，对面进行剪裁，效果如图 5-118 所示。



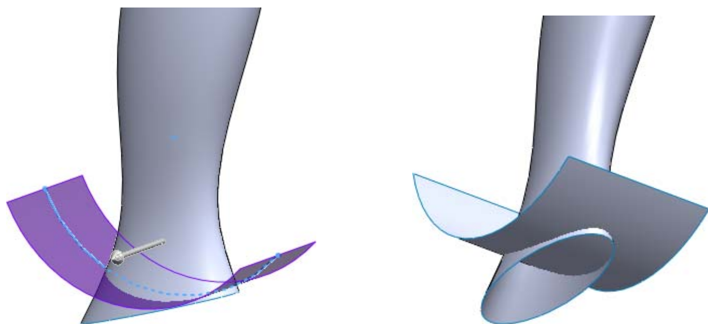


图 5-117　创建拉伸曲面

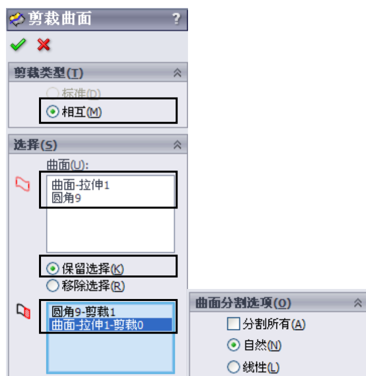




图 5-118　用新创建的曲面裁剪手柄面并封闭手柄面

STEP 8 单击“圆角”按钮，以“等半径”方式，选择手柄面下部的边线，以 8 为圆角半径，对手柄面进行圆角处理，如图 5-119 所示。

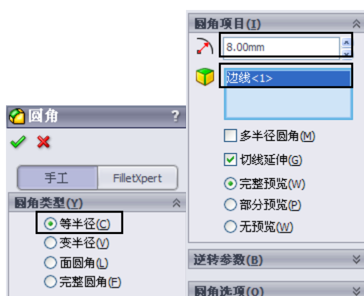




图 5-119　对手柄面进行圆角处理

STEP 9 单击“剪裁曲面”按钮，以“标准”方式，选择“草图 10”对曲面进行剪裁（曲面的保留部分包括吹筒前部的映射面），得到“电吹风”的进风口，如图 5-120 所示。

STEP 10 选择“插入”>“凸台/基体”>“加厚”菜单，打开“加厚”属性管理器，选择模型的所有面，单击“加厚侧边 2”按钮，再设置加厚厚度为 2，将模型加厚为实体，如图 5-121 所示。



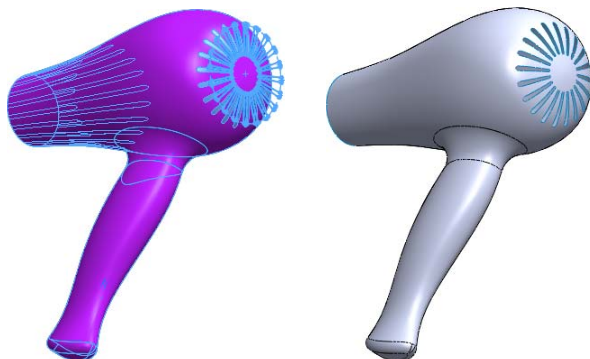


图 5-120　剪裁出“电吹风”的进风口





将曲面加厚为实体

图 5-121　加厚曲面操作

STEP 11 单击“圆角”按钮，以“等半径”方式对电吹风的进风口进行圆角处理，圆角半径为 1，如图 5-122 所示。





图 5-122　圆角处理进风口

STEP 12 单击“拉伸切除”按钮，选择“草图 11”拉伸出一薄壁特征，并在弹出的“要保留的实体”对话框中选择“所有实体”单选钮，单击“确定”按钮将模型分割为两个部分，如图 5-123 所示。

STEP 13 将模型的吹风口部分隐藏，单击“等距曲面”按钮，选择模型手柄口部位的内表面为原始面，等距距离设置为 0，复制出一新的曲面，如图 5-124 所示。



图 5-123　使用“拉伸切除”面分割实体

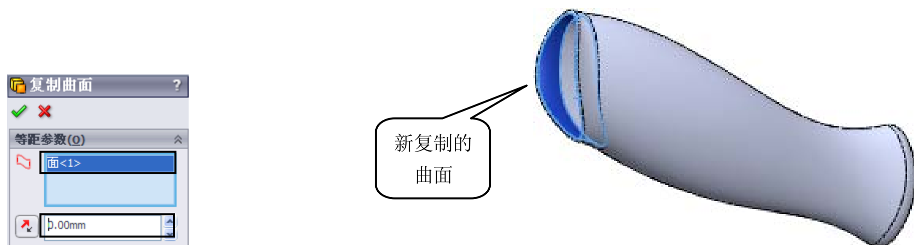


图 5-124　等距出手柄口处的面

STEP 14 将模型手柄部的实体也隐藏，单击“延伸曲面”按钮，终止条件设置为“距离”，延伸长度设置为 1，延伸类型设置为“线性”，选择“步骤 13”等距出的曲面的上边线对曲面进行延伸操作，延伸完成后恢复模型手柄部的显示，如图 5-125 所示。

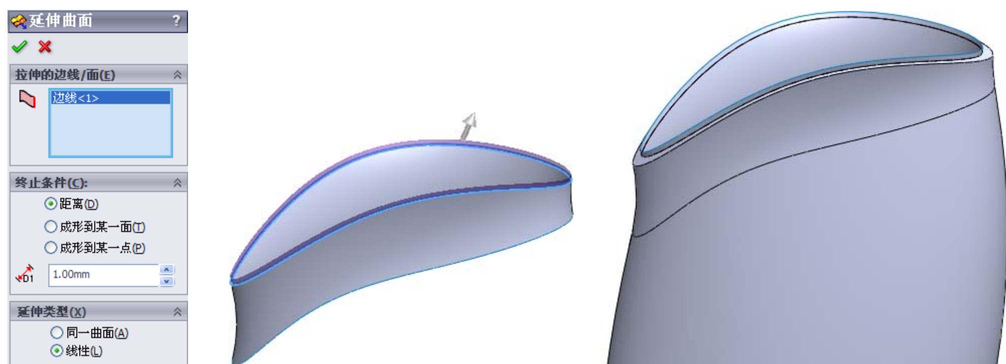


图 5-125　延伸等距出来的面

STEP 15 选择“插入”>“凸台/基体”>“加厚”菜单，对手柄处复制的面进行加厚处理，加厚厚度为 1，加厚方向为朝向手柄外部的方向，并设置与手柄外部的实体合并，如图 5-126 所示。

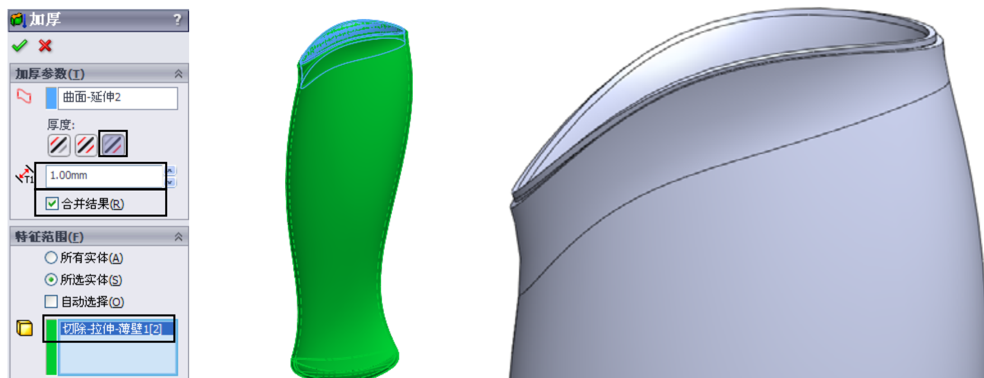


图 5-126　加厚手柄处复制的面形成手柄口处的连接槽

STEP 16 选择“插入”>“特征”>“压凹”菜单，“目标实体”选择吹筒，“工具实体”选择手柄，并选择“切除”复选框，“间隙”设置为 0.01，压凹出吹筒处的连接槽，如图 5-127 所示。

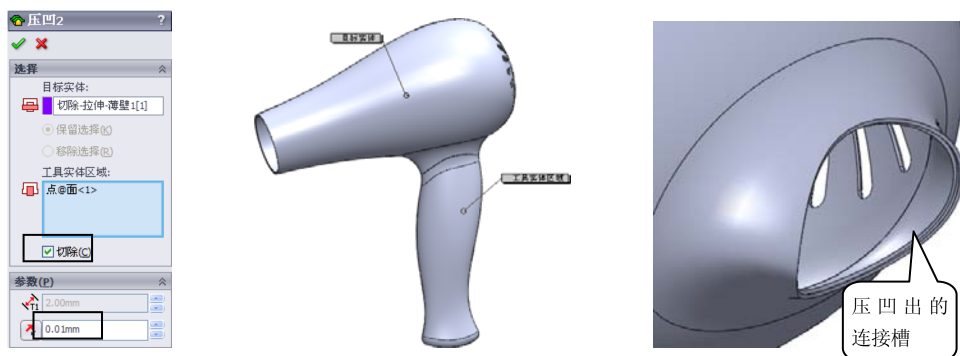


图 5-127　使用“压凹”操作在吹筒处压出连接槽

STEP 17 通过相同操作，使用“草图 12”对吹筒切割实体，然后等距并延伸面，再对延伸的面进行加厚处理，最后并执行“压凹”操作，将吹筒部分分割，并创建其连接槽，如图 5-128 所示。

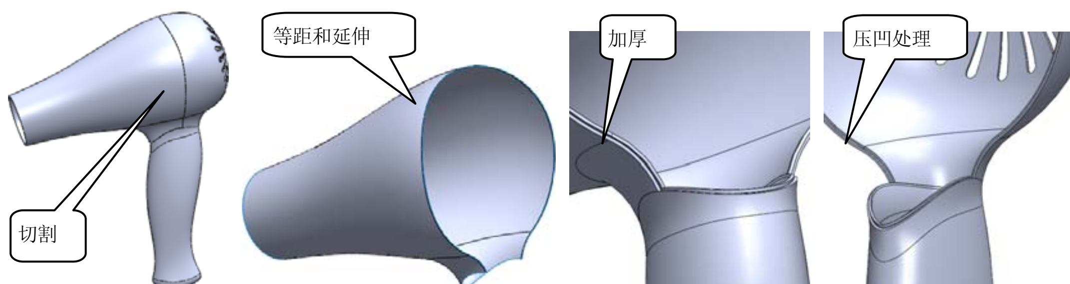


图 5-128　在吹筒处创建连接槽

STEP 18 单击“拉伸凸台/基体”按钮，选择“草图 12”拉伸出“电吹风”的按钮，然后对其进行圆角处理，最后进行“压凹”处理，如图 5-129 所示，完成电吹风的创建。

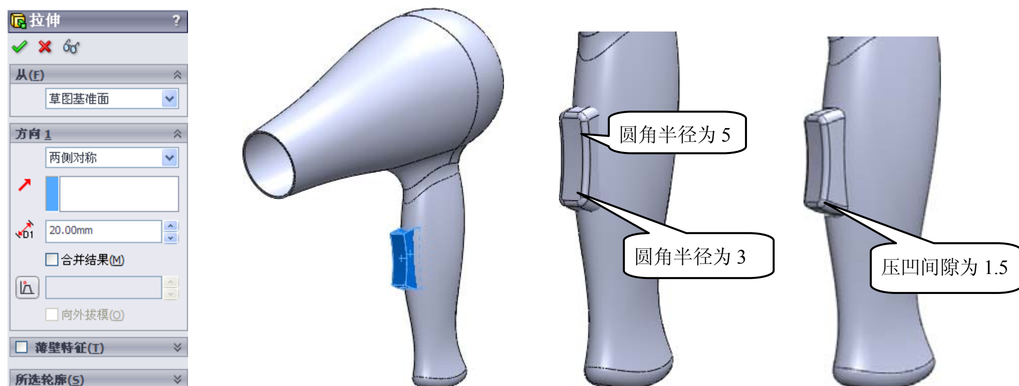


图 5-129 创建“电吹风”的按钮

5.4 本章小结

本章主要讲述了创建三维曲线、创建和处理曲面方面的知识，本章是整本书的重点也是难点。曲面是对模型进行精细加工的基础，可以更加弹性化的来构造模型，因此需要重点掌握。针对本章而言，编辑曲面是难点。

5.5 思考与练习

一、填空题

（1）_________是将草图投影到模型面上所生成的曲线，_________可以将所选的面分割为多个分离的面，从而可以单独选取每一个面。

（2）组合曲线就是指将所绘制的_________、_________线或者_________等进行组合，使之成为单一的曲线，组合曲线可以作为放样或扫描的_________。

（3）在实际工作中，________________通常应用在逆向工程的曲线生成上。

（4）在零件中绘制的螺旋线或涡状线可以作为扫描特征的_____________，或放样特征的_____________。

（5）____________可用于生成在两个方向（可理解为横向和竖向）上与相邻边相切或曲率连续的曲面。

（6）使用“延伸曲面”命令可以选取曲面的_________、_________或_________来创建延伸曲面。

（7）用于缝合的曲面不必位于同一基准面上，但是曲面的边线必须______________。

（8）使用______________工具可以沿着模型边线、草图或曲线定义的边界对曲面的缝隙（或空洞等）进行修补从而生成符合要求的曲面区域。

（9）使用______________工具可以使用新的曲面替换原有曲面或者实体上的面。

二、问答题

（1）有哪几种创建分割线的方式？并简述其操作。

（2）在哪些情况时间可以使用“平面区域”创建曲面？并简述其操作。

（3）延展曲面通常用在哪里？并简述其操作。

（4）有几种延伸曲面的类型？试举例说明其不同。

（5）“解除裁剪曲面”是不是“剪裁曲面”的逆过程？并简述“解除裁剪曲面”的主要用途。

三、操作题

（1）打开本书提供的素材文件“练习 1-水龙头素材.sldprt”，使用本章所学的知识创建如图 5-131 所示的水龙头模型。



提示

本练习素材中已提供了用于创建曲面的曲线，因此只需简单执行旋转、扫描、剪裁等曲面操作即可（图 5-130 右图为本练习设计树，可供参考）。



图 5-130　需创建的模型文件和其设计树

（2）打开本书提供的素材文件“练习 2-方向盘素材.sldprt”，使用本章所学的曲面和曲线方面的知识创建一如图 5-131 所示的“方向盘”模型。

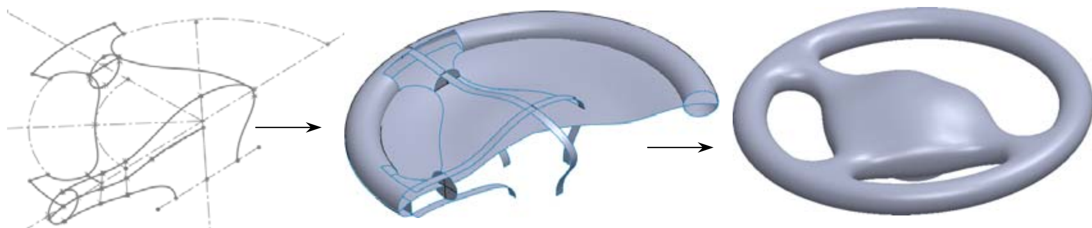


图 5-131　创建的“方向盘”模型



提示

本练习的创作思路非常简单，重点是：首先旋转出基体，然后拉伸出边界面，并对面进行适当切割，然后使用“填充曲面”功能不断填充得到方向盘中间的曲面，最后进行缝合和镜像即可。

第 6 章　装　　配

本章要点

- 装配基础
- 装配编辑
- 创建爆炸图
- 装配体的干涉检查

学习目标

“装配”是 SolidWorks 中集成的一个重要的应用模块。通过装配，可以将各个零部件组合在一起，以检验各零件之间的匹配情况。同时也可以对整个结构执行爆炸操作，从而清晰地查看产品的内部结构和装配顺序。

6.1　装配基础

所谓“装配”，就是将产品所需的所有零部件按一定的顺序和连接关系组合在一起，形成产品完整结构的过程，如图 6-1 所示。

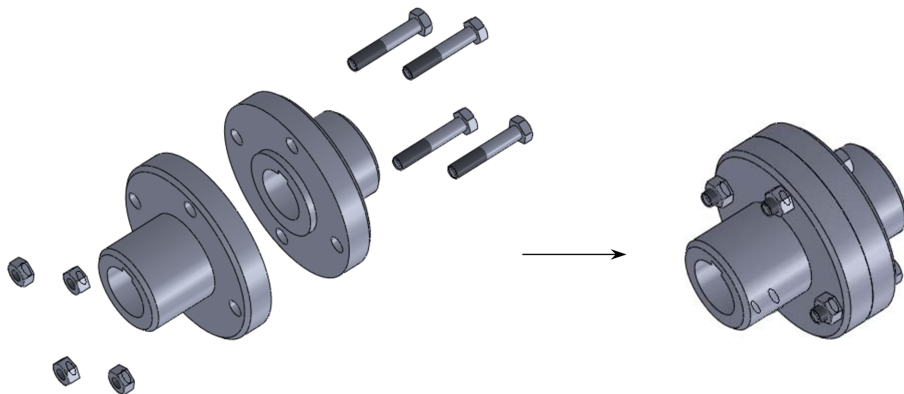


图 6-1　“装配”示意图

通过装配，可以查看零件设计是否合理、各零件之间的位置关系是否得当。一旦发现问题，可以立即对零件进行修改，从而避免对生产造成损失。

6.1.1 导入零部件

SolidWorks 提供有专用的装配环境，所谓“导入零部件”是指将设计好的零件模型导入

到装配环境中，下面看一个导入零部件的实例，步骤如下：

STEP 1 启动 SolidWorks 软件后，选择“文件”>“新建”菜单，打开“新建 SolidWorks 文件”对话框，如图 6-2 所示，单击“装配体”按钮，再单击确定按钮，即可进入 SolidWorks 的装配环境。

STEP 2 进入装配环境后系统将自动打开“开始装配体”属性管理器，如图 6-3 左图所示，单击“浏览”按钮，在弹出的对话框中选择用于装配的零部件（此处选择本书提供的素材文件“凹.SLDDRW”），再在绘图区的适当位置单击放置此零部件，如图 6-3 右图所示（注意第一个被导入的零部件，其位置默认固定不变，所以通常为零件的主体件）。

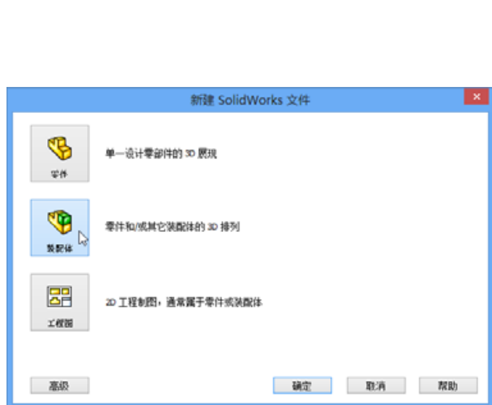
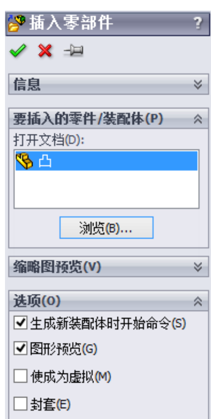


图 6-2 “新建 SolidWorks 文件”对话框



图 6-3 导入第一个零部件

STEP 3 单击“钣金”工具栏中的“插入零部件”按钮，打开“插入零部件”属性管理器，如图 6-4 左图所示，单击“浏览”按钮插入素材文件“凹.SLDDRW”，通过相同操作插入螺杆和螺母，如图 6-4 右图所示，完成零部件的导入。



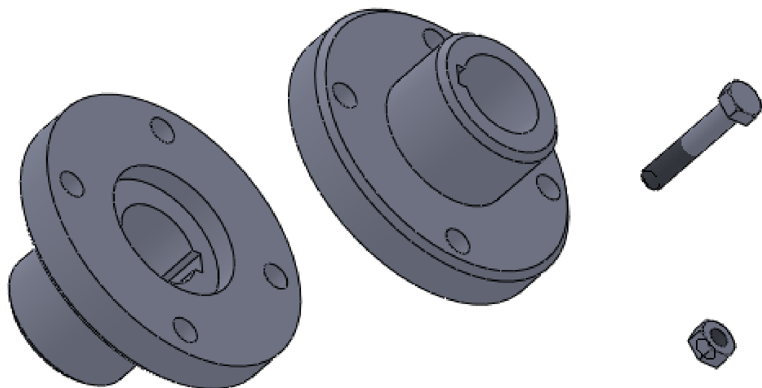


图 6-4 插入其他零部件

选中“插入零部件”属性管理器中的“封套”复选框，可设置导入的一个零部件为封套，作为“封套”的零部件，在检查质量和创建零件明细表时，不会被计算在内，且出工程图的时也会被隐藏。

此外，除了上面实例中介绍的“插入零部件”按钮外，在“装配体”工具栏“插入零部件”按钮右侧的下拉列表中还可以选择多种插入零部件的方式，其作用分别为。

- “新零件”：单击此按钮将进入建模模式新建一零件，并将创建的零件直接导入到零件装配模式中（实际上这是一种“自上而下”的装配模式）。
- “装配体”：将某个装配体作为整体导入到零件装配模式中，以参与新的装配。
- “随配合复制”：相当于在装配模式中复制零部件，只是此处复制的零件是参照零件配合进行复制的（其用法详见下面 6.1.2 节中的实例）。



> 除了上面介绍的几个按钮外，单击“智能扣件”按钮，如果装配体中有标准规格的孔，智能扣件将自动为装配体添加相关扣件（如螺栓或螺钉等）。另外，要使用智能扣件，需要安装 SolidWorks Toolbox 扣件库（请咨询 SolidWorks 公司）。

6.1.2 零件配合

在 SolidWorks 的装配模式中，可以通过添加“配合”来确定各零部件之间的相对位置关系，进而完成零件的装配，下面先来看一个实例。

STEP 1 这里接着 6.1.1 节中的实例进行操作，单击“装配体”工具栏中的“配合”按钮，打开“配合”属性管理器，如图 6-5 左图所示，顺序单击联轴器“凸部分”和“凹部分”的内径，单击“确定”按钮执行“同心”配合约束，如图 6-5 右边两个图所示。



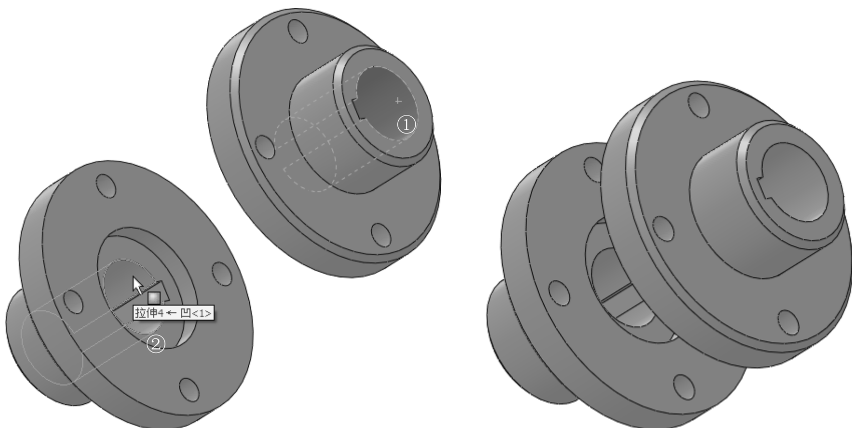


图 6-5 进行“同心”配合操作

STEP 2 顺序单击联轴器“凸部分”的底部平面和“凹部分”的对应平面，如图 6-6 左

图所示，单击“确定”按钮执行“重合”配合约束，效果如图 6-6 右图所示。

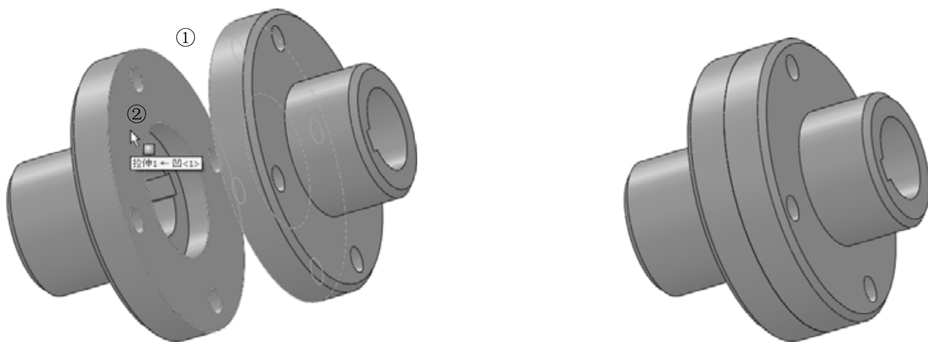


图 6-6　进行“重合”配合操作

STEP 3 顺序单击联轴器“凸部分”和“凹部分”的“销部”顶平面，如图 6-7 左图所示，单击“确定”按钮执行“重合”配合约束，效果如图 6-7 右图所示。

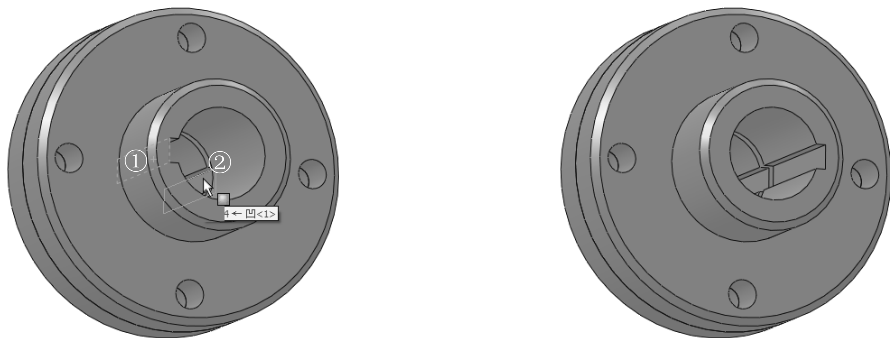


图 6-7　进行第 2 个面的“重合”配合操作

STEP 4 顺序单击螺杆的“杆部”圆柱面和联轴器“凸部分”孔的内表面，如图 6-8 左图所示，单击“确定”按钮执行“同心”配合约束，效果如图 6-8 右图所示。

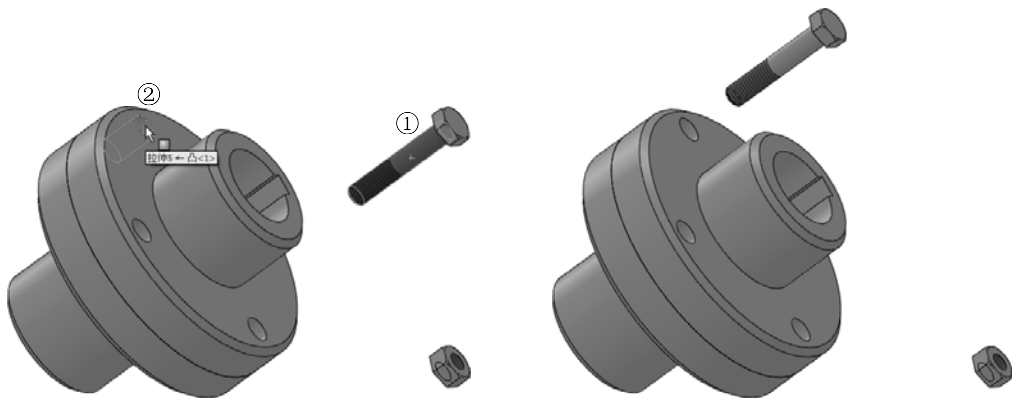


图 6-8　进行螺栓的“同心”配合操作

STEP 5 顺序单击螺杆的“杆头”的底部平面和联轴器“凸部分”的外表面，如图 6-9

左图所示，单击“确定”按钮执行“重合”配合约束，此时即可将螺杆插入到联轴器中，效果如图 6-9 右图所示。

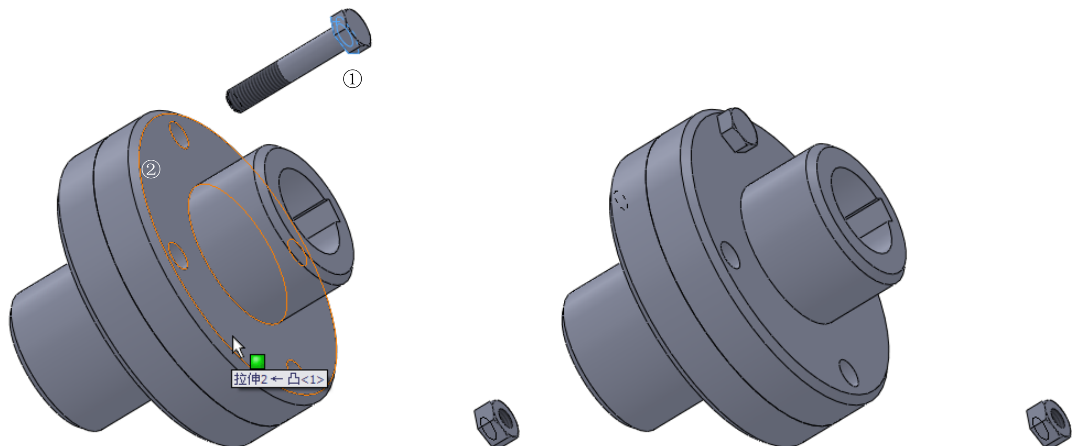


图 6-9 进行螺栓的“重合”配合操作

STEP 6 顺序单击螺母的底部平面和联轴器“凹部分”的外表面，如图 6-10 左图所示，再在属性管理器中单击“反向对齐”以反转螺母的方向，单击“确定”按钮执行“重合”配合约束，效果如图 6-10 右图所示。

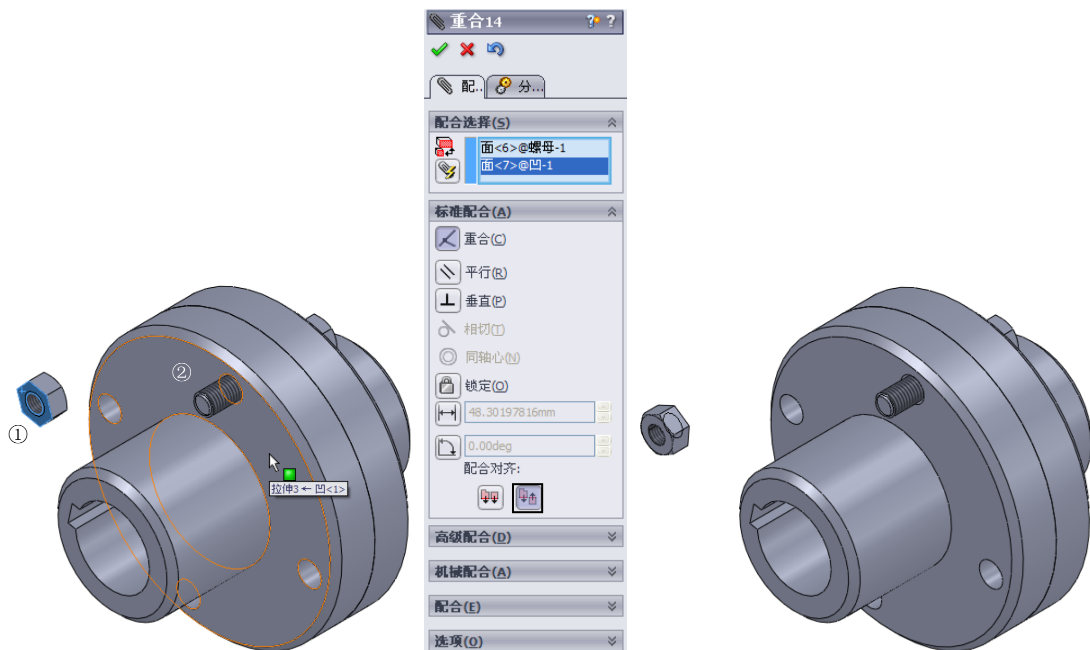


图 6-10 进行螺母的“重合”配合操作

STEP 7 顺序单击螺母的内表面和螺杆的外部圆柱面，如图 6-11 左图所示，单击“确定”按钮执行“同心”配合约束，效果如图 6-11 右图所示（此时螺母被安装到了螺杆上）。

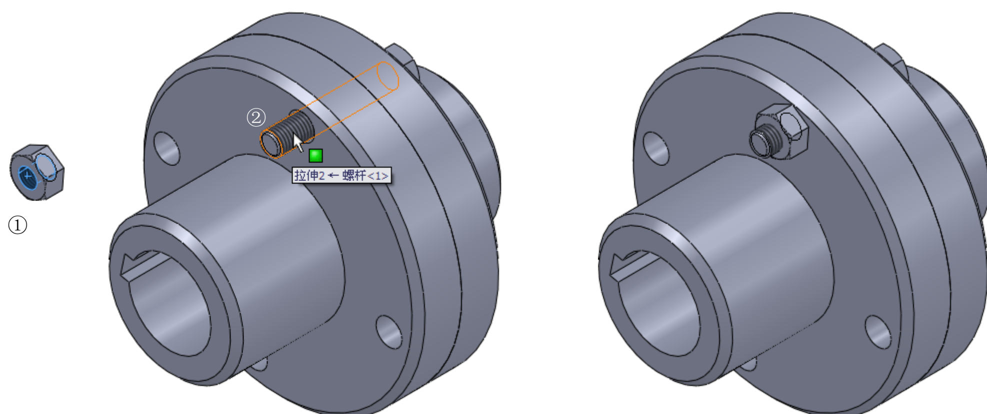


图 6-11　进行螺母的“同心”配合操作

STEP 8 单击“装配体”工具栏中的“随配合复制”按钮，打开“随配合复制”属性管理器，如图 6-12 左图所示，选择“螺杆”，再在“随配合复制”属性管理器中单击最后一个“同心”按钮（即不使用此配合），再分别设置上面的“同心”配合为联轴器的另外一个孔，“重合”配合为“凸部分”的上表面，单击“确定”按钮复制出一个螺杆，通过相同操作可复制其他螺杆，效果如图 6-12 中图和右图所示。

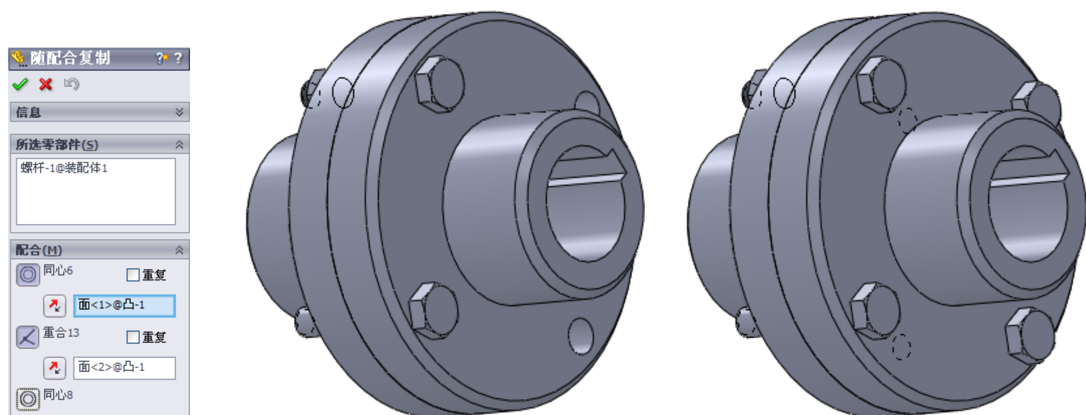


图 6-12　进行“随配合复制”操作

STEP 9 通过与步骤 8 几乎相同的操作，对螺母执行“随配合复制”操作，完成对凸缘联轴器的装配。

通过“配合”属性管理器可以为零部件间设置“标准配合”“高级配合”和“机械配合”，如图 6-13 所示，其中“标准配合”和“高级配合”与前面第 2 章讲述的“尺寸和几何约束”操作有些相似，其意义也基本相同，所以此处不做过多叙述。

“机械配合”用于设置两个零件间机械连接的配合关系，如“凸轮”配合用于设置凸轮推杆与凸轮间的配合关系，“齿轮”配合用于设置两个齿轮间的配合关系，“齿条小齿轮”配合用于设置齿条随着齿轮的转动而移动，“螺旋”配合与“齿条小齿轮”配合相似，只是此时相当于齿条转动而小齿轮移动（此处请参考其他专业书籍）。



图 6-13 可以添加的“配合”类型

除了上面介绍的几个卷展栏外，“配合”属性管理器还具有如图 6-14 所示的“配合”卷展栏、“选项”卷展栏和“分析”选项卡，下面解释一下其中几个选项的作用。

- “配合”卷展栏：用于显示模型中添加的所有“配合”关系，选中某个配合后可以对其进行编辑，右击后可以选择相应菜单将其删除。
- “选项”卷展栏中的“添加到文件夹”复选框：选中后将以文件夹的形式在模型树中存放一次配合过程所添加的配合，否则将在模型树的“配合”项目中集中存放多次添加的配合。
- “选项”卷展栏中的“显示弹出对话”复选框：选中后将在创建配合时自动弹出如图 6-14 中图所示的对话框，用于设置或选择配合关系。
- “选项”卷展栏中的“只用于定位”复选框：选中后将不在零件间添加配合特征，而只是移动模型的位置。
- “分析”选项卡（图 6-14 左图）：在“配合”卷展栏中选中某个配合关系，再转到此选项卡，可以设置此配合关系为在“运动算例”（其意义详见 6.4.4 节）中使用的配合关系，即在创建“运动算例”时考虑此配合的“承载面”和“摩擦”力等物理属性。

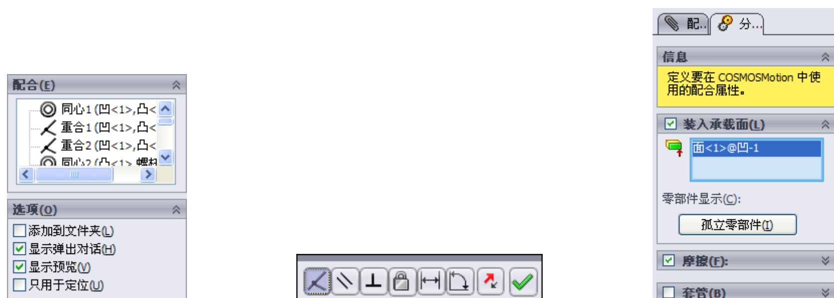


图 6-14 “配合”属性管理器的几个卷展栏以及用于选择配合关系的对话框

6.2 装配编辑

为了更好地实现所需的装配效果，可对添加到装配体中的各个零部件进行各种编辑操作。例如，阵列零部件、移动零部件、显示和隐藏零部件等操作，下面分别做一下介绍。

6.2.1 阵列零部件

使用“装配体”工具栏中的阵列工具可以进行阵列装配。单击“线性零部件阵列”右侧的下拉按钮，可以发现共有 4 种可以使用的阵列装配方法，其操作与前面讲述的阵列特征基本相同，我们这里只简单讲一下其作用。

➢ 线性零部件阵列：单击后可以生成一个或两个方向的零部件阵列，如图 6-15 所示，此时可以设置在哪个方向或哪两个方向上进行零部件阵列操作，并可设置阵列的间距和个数。

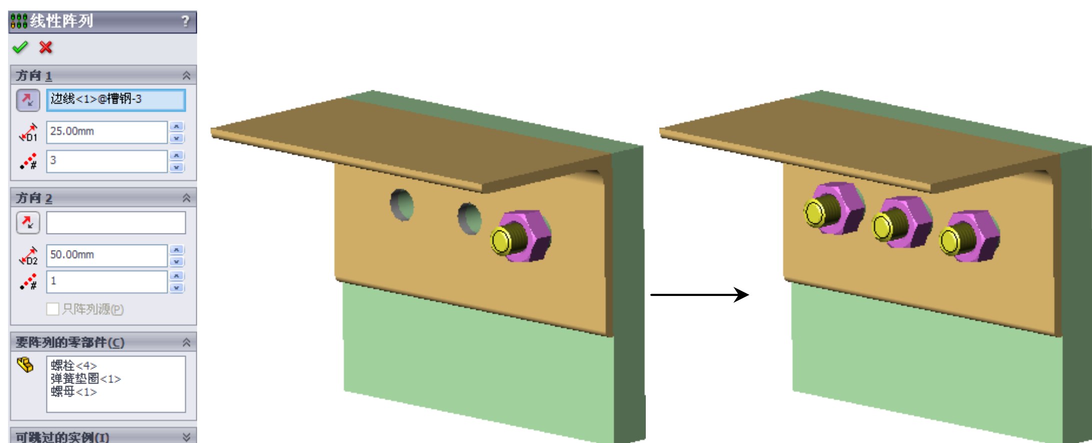


图 6-15　典型的线性零部件阵列

➢ 圆周零部件阵列：顾名思义可以对某个零部件进行圆周阵列操作，如图 6-16 所示，通过选择阵列轴和阵列零部件，并设置旋转的角度和阵列零部件的个数即可执行此阵列操作。

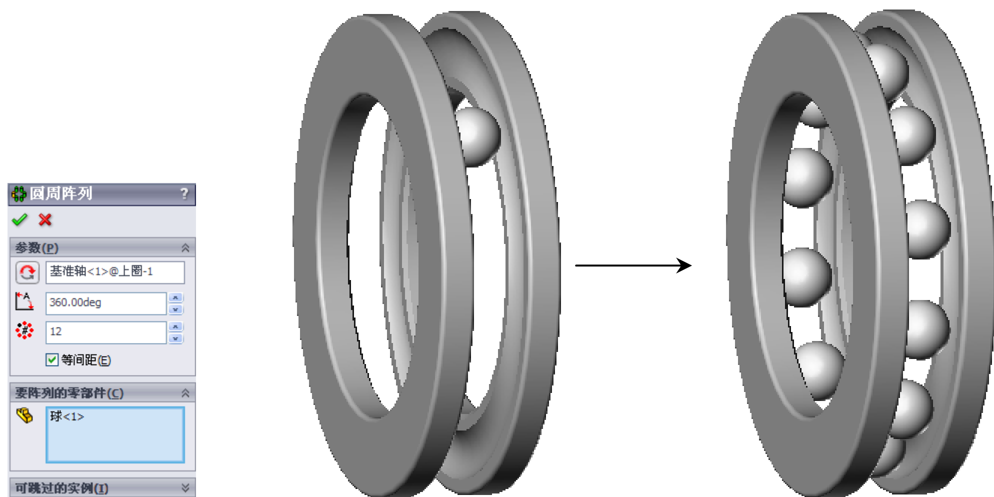


图 6-16　典型的圆周零部件阵列

➢ 特征驱动零部件阵列：以零部件原有的阵列特征为驱动创建零部件阵列，即令零部件沿所在的阵列特征进行阵列，从而实现快速装配，如图 6-17 所示（使用此方式创建的零部件阵列与所依赖的特征阵列相关联）。

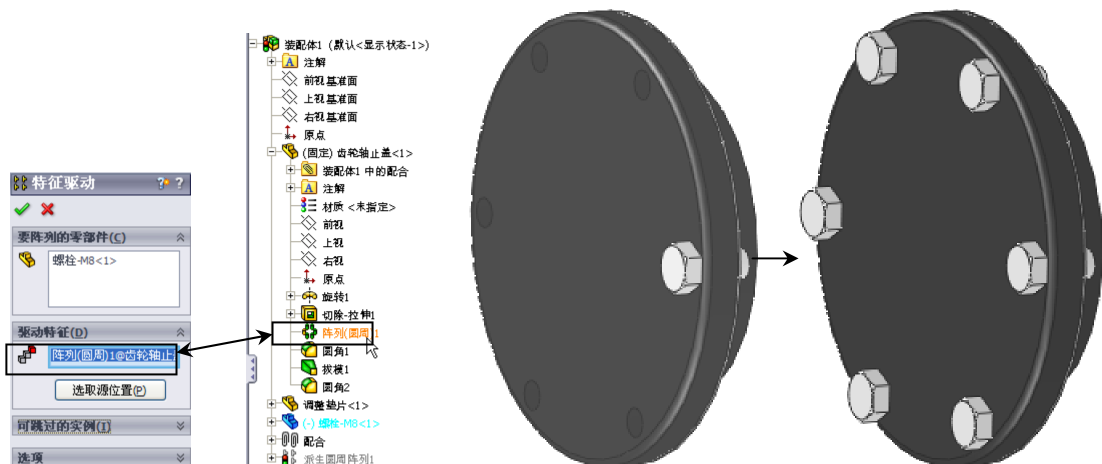


图 6-17 典型的特征驱动的零部件阵列

➢ 镜像零部件：主要用于将零部件对称放置，如图 6-18 所示，操作时需要选择镜像面和镜像零部件。

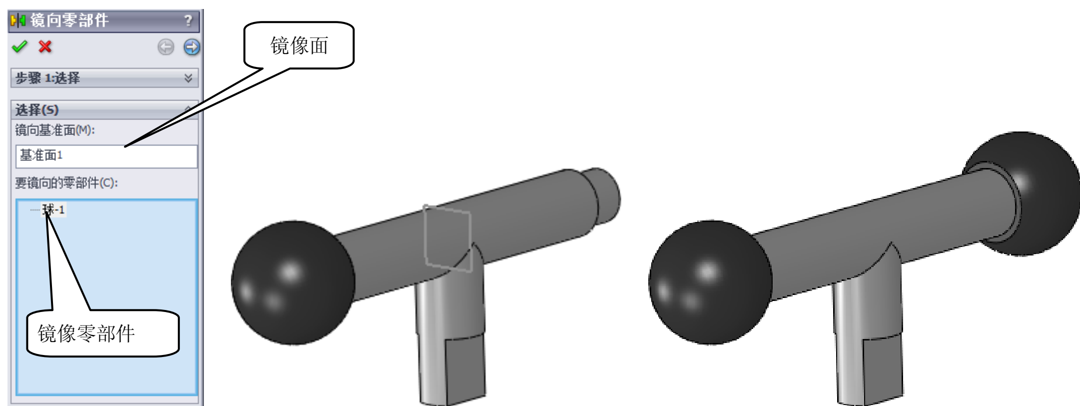


图 6-18 典型的镜像零部件阵列

6.2.2 移动零部件

当零部件所在的位置不便于装配操作时，可以移动零部件的位置，也可以在不与已有的配合冲突的情况下，重新定位零部件。

单击“零部件”工具栏中的“移动零部件”按钮（或单击其右侧下拉列表中的“旋转零部件”按钮），选择要进行移动的零部件，可以在“配合”限制的范围内移动零部件，如图 6-19 所示。



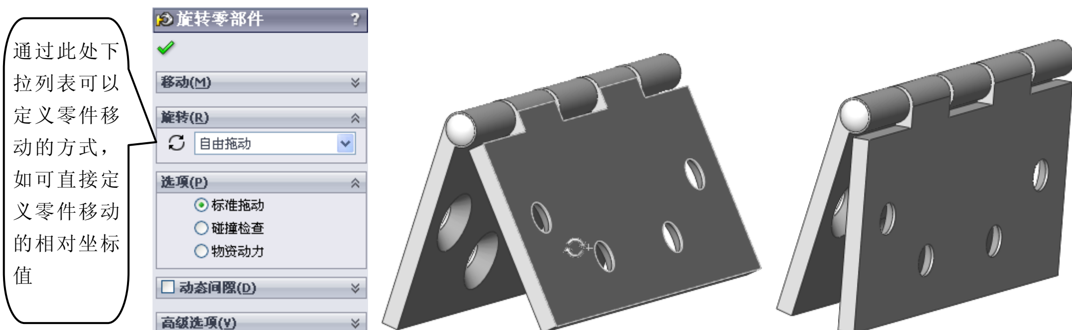


图 6-19　移动零部件

如图 6-19 左图所示，在“装配零部件”属性管理器中共提供了三种移动零部件的方式，上面使用的是“标准移动”方式，除此之外还可以选择“碰撞检查”移动方式，此时可设置当零部件碰到其他零部件时自动停止，如图 6-20 所示；“物资动力”移动方式用于当拖动一个零部件与其他零部件发生碰撞时，对其他零部件施加一个力，这个力可以令被碰撞的零部件发生适当的位移。

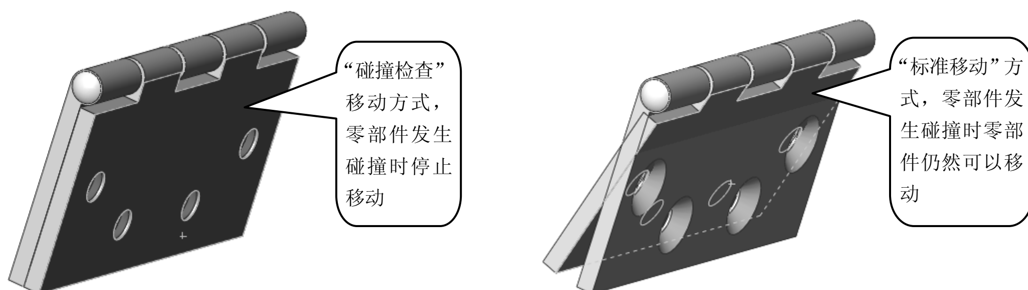


图 6-20　“标准拖动”和“碰撞检查”的区别



> 此外，在“装配零部件”属性管理器中，通过“动态间隙”卷展栏可以设置移动或旋转零部件时，当两个零部件相邻某段距离时，零件停止移动；通过“高级选项”卷展栏可以设置零件碰撞时是否显示碰撞平面或发出提示声音。

6.2.3 显示隐藏零部件

直接在工作区中选择要隐藏的零部件，从弹出的快捷工具栏中选择“隐藏”按钮，可以将选择的零部件隐藏，如图 6-21 左图和中图所示，单击“装配体”工具栏中的“显示隐藏的零部件”按钮，可以切换零部件的隐藏状态，如图 6-21 右图所示。

在模型树中选择被隐藏的零部件，从弹出的快捷工具栏中选择“显示”按钮，可以显示选择的零部件。

选择零部件，从弹出的快捷工具栏中选择“更改透明度”按钮，可以将此零件设置为半透明状态，如图 6-22 左图所示，再次选择此按钮可以恢复零件的正常显示。此外，单击“前导视图”工具栏中的“剖面视图”可显示装配的剖视图，如图 6-22 中图和右图所示。

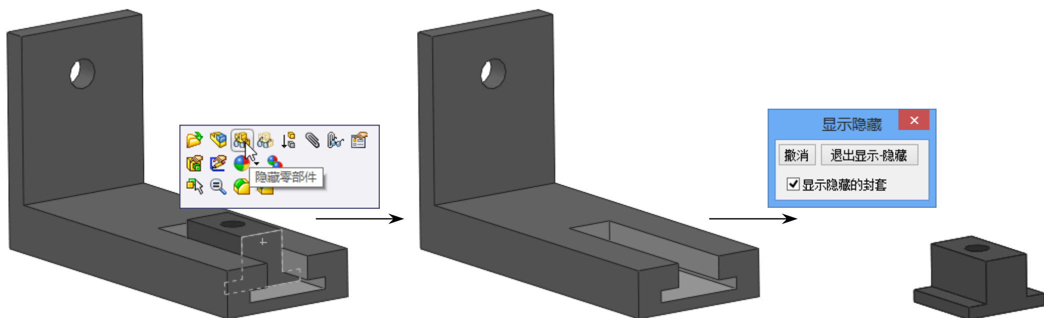


图 6-21 隐藏零部件操作和切换隐藏状态操作

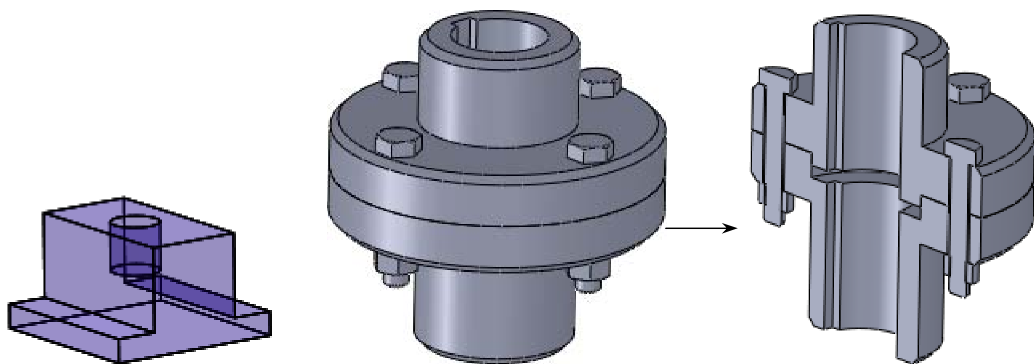


图 6-22 “更改透明度”操作和“显示剖面”操作

实例精讲——装配“轴承座”

下面讲一个“轴承座”装配的操作实例，效果如图 6-23 所示。

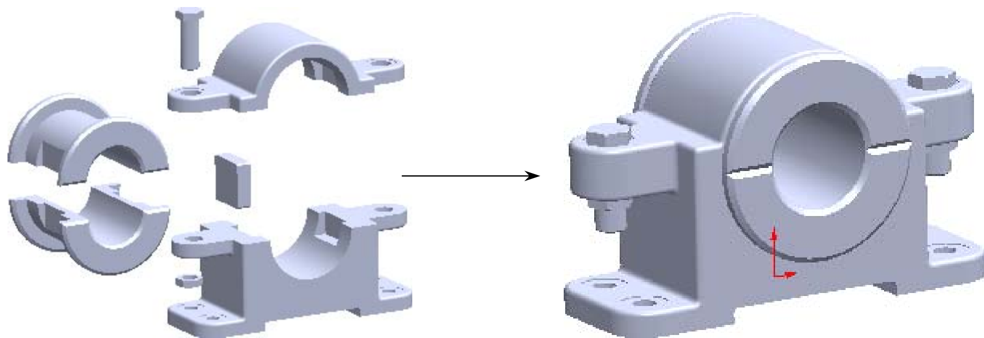


图 6-23 “轴承座”装配操作

【制作分析】

本实例主要用到零部件导入、零件配合、阵列零部件和显示隐藏零部件等操作，在操作的过程中应注意零部件的导入顺序和“配合”的添加技巧。

【制作步骤】

STEP 1 新建一装配体文件，打开“开始装配体”属性管理器，单击“浏览”按钮，在弹出的对话框中选择本书提供的素材文件“轴承座底.SLDPRT”，在绘图区中单击导入此零部件，如图 6-24 所示。



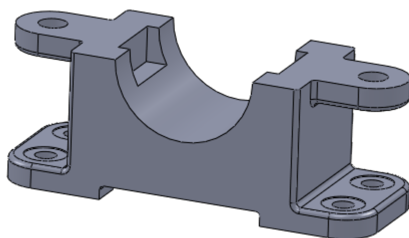


图 6-24　导入轴承基座

STEP 2 单击“装配体”工具栏中的“插入零部件”按钮，打开“插入零部件”对话框，如图 6-25 左图所示，单击“浏览”按钮，选择文件“轴套.SLDPRT”将其导入，再通过相同操作，顺次导入零部件“卡销.SLDPRT”“轴承座顶.SLDPRT”“螺杆.SLDPRT”和“螺母.SLDPRT”，如图 6-25 右图所示。



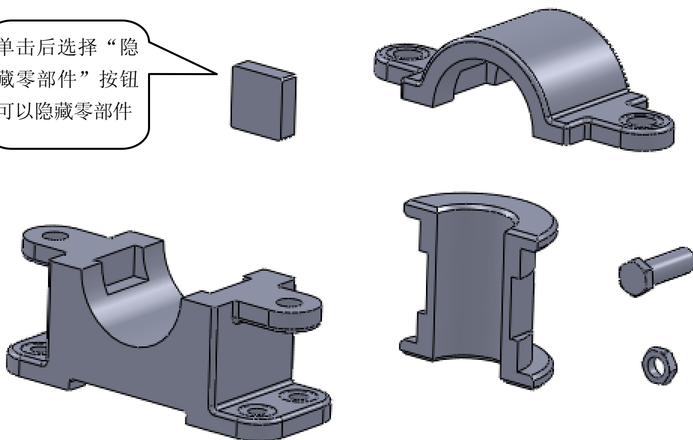


图 6-25　导入所有零部件

STEP 3 首先将除“轴承座底”和“轴套”外的零部件隐藏，然后单击“装配体”工具栏中的“配合”按钮，顺序单击“轴套”的外圆面和“轴承座底”的内圆面，添加“同心”配合，如图 6-26 左图所示，再选择“轴套”的内平面和“轴承座底”的对应外平面，添加“重合”配合，如图 6-26 右图所示。

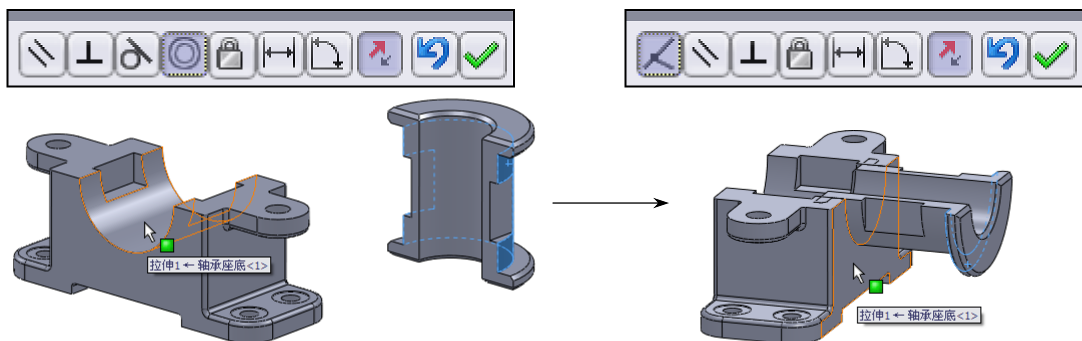


图 6-26 设置“同心”和“重合”配合

STEP 4 此时单击“移动零部件”按钮可以移动“轴套”，所以此步继续添加“轴套”上表面与“轴承座底”上表面的“重合”约束，如图 6-27 所示。

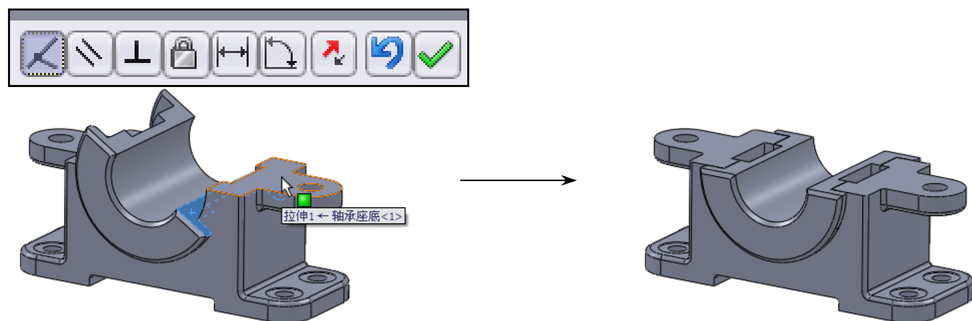


图 6-27 设置“重合”配合

STEP 5 单击“零部件”工具栏中的“镜像零部件”按钮，以“轴套”上部平面为镜像面对轴套进行镜像操作，如图 6-28 所示。

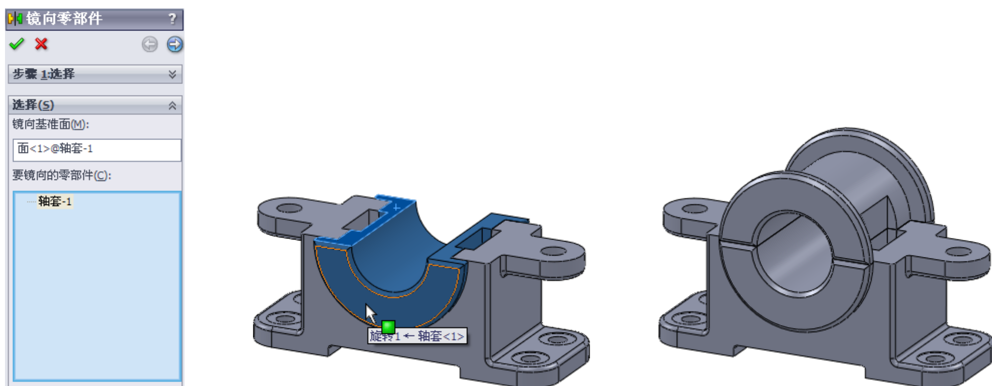


图 6-28 镜像“轴套”

STEP 6 令“卡销”可见，并为“卡销”添加到“轴承座底”的面与面“重合”约束，以及线与线“重合”约束，如图 6-29 所示。

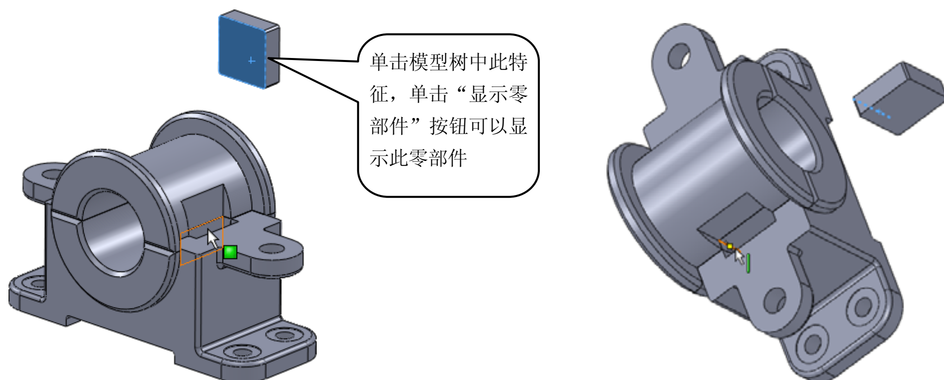


图 6-29　定位“卡销”1

STEP 7 继续为“卡销”添加到“轴承座底”的面到面“重合”约束，完成“卡销”的装配，如图 6-30 所示。

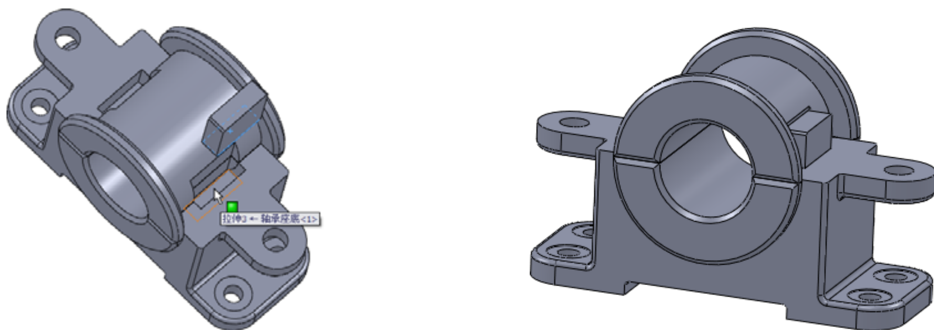


图 6-30　定位“卡销”2

STEP 8 单击“装配体”工具栏中的“随配合复制”按钮，选择“卡销”零部件，再选择“轴承座底”左侧的相关部分，如图 6-31 所示，复制出一个“卡销”。

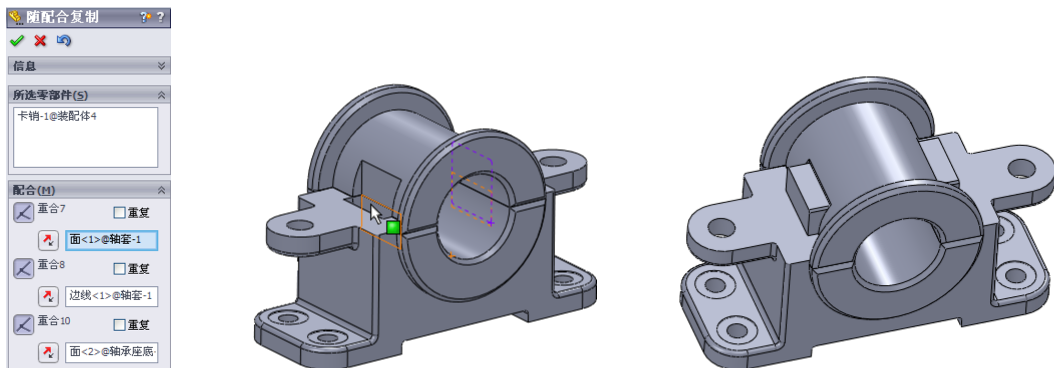


图 6-31　复制“卡销”

STEP 9 令“轴承座顶”零部件显示，然后为其添加到“轴承座底”的“同心”配合和“重合”配合，如图 6-32 所示。

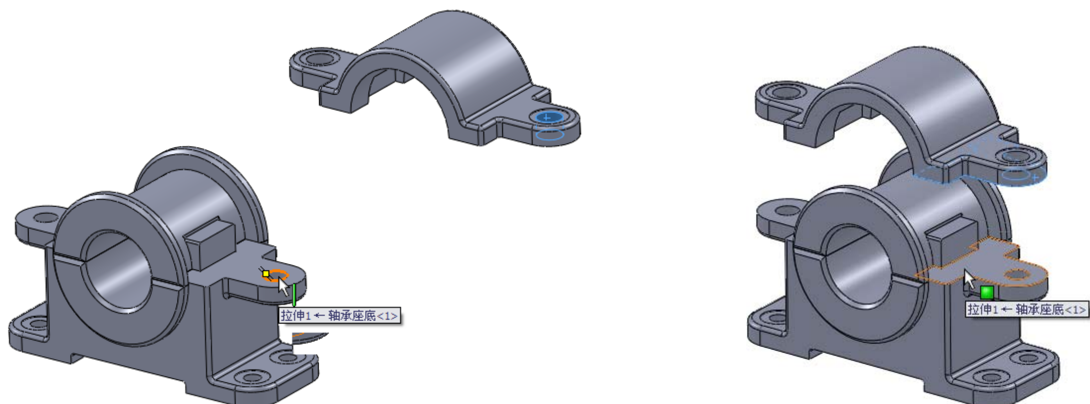


图 6-32 定位“轴承顶部”1

STEP 10 通过“步骤 9”中的操作后，“轴承座顶”零部件仍然可以被移动，如图 6-33 左图所示，所以此步骤继续为其添加“同心”配合，如图 6-33 左图所示，完成“轴承座顶”零部件的装配操作，效果如图 6-33 右图所示。

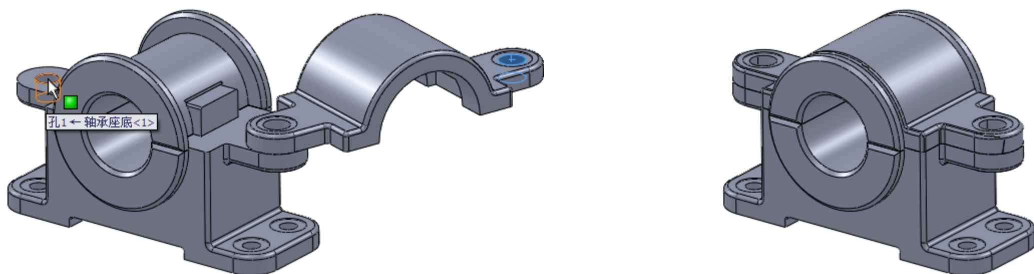


图 6-33 定位“轴承顶部”2

STEP 11 令“螺杆”和“螺母”零部件显示，如图 6-34 所示，然后按照前述操作为“螺杆”添加到“轴承座顶”的配合，再为“螺母”添加到“螺杆”和“轴承座底”的配合，如图 6-34 右图所示。

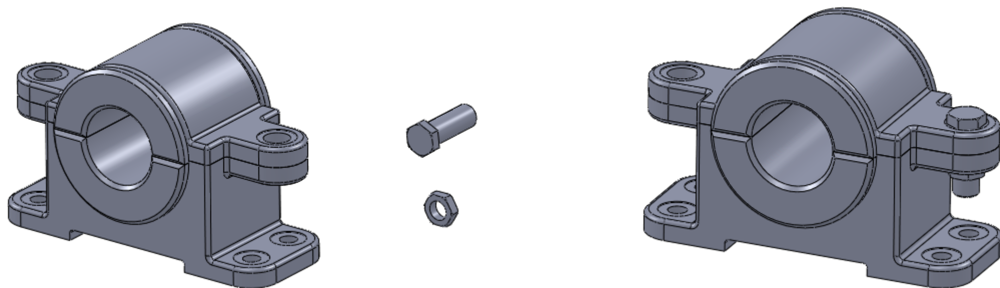


图 6-34 定位“螺杆”和“螺母”

STEP 12 首先创建一经过“轴承座底”中部的基准面，如图 6-35 左图所示，然后单击“装配体”工具栏中“镜像零部件”按钮，选择“螺杆”和“螺母”进行镜像处理，如图 6-35 右图所示。

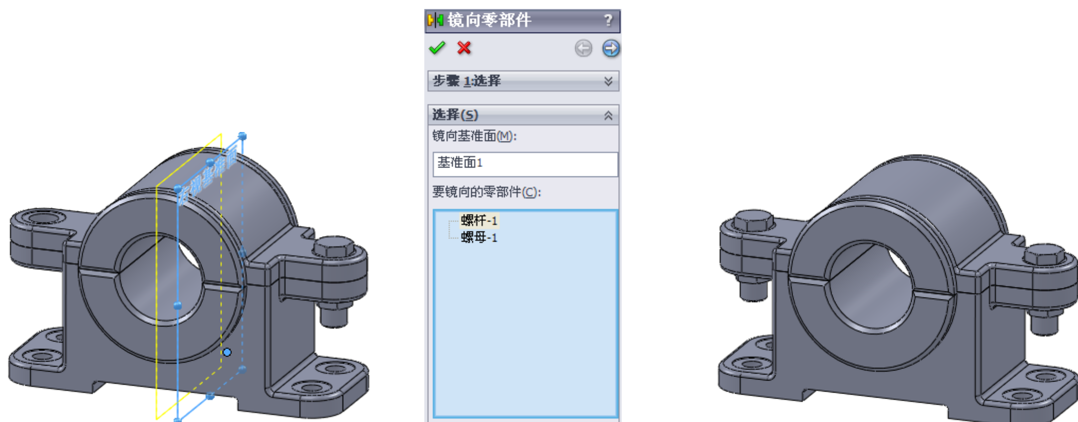


图 6-35　镜像“螺杆”和“螺母”

实例精讲——装配“膜片弹簧离合器”

本实例将讲解，使用 SolidWorks 设计膜片弹簧离合器装配体的操作。在执行装配操作之前，应该了解膜片弹簧离合器的工作原理，如图 6-36 所示，离合器默认处于闭合状态，当需要令其分离时，拨叉通过分离套筒推动膜片弹簧，通过膜片弹簧拖动压盘和从动盘，令其与飞轮分离，摩擦力消失，从而可中断动力传动。

【制作分析】

如图 6-37 所示为本节要装配的膜片弹簧离合器装配体，在设计的过程中将主要用到阵列零部件、移动零部件和显示隐藏零部件等操作。

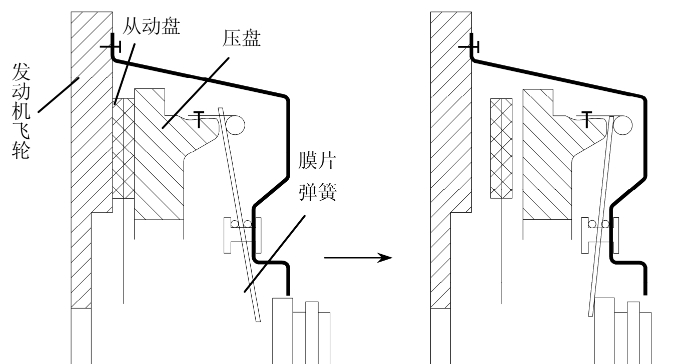


图 6-36　离合器从闭合到分离状态的转换过程

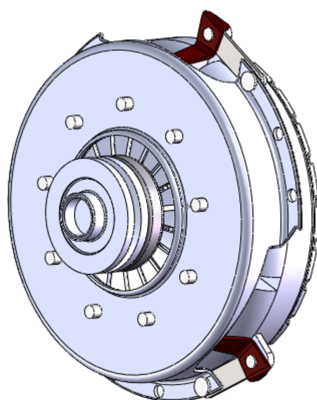


图 6-37　本节要装配的离合器

【制作步骤】

本实例将以图 6-38 所示离合器爆炸图为参照，在 SolidWorks 中完成膜片弹簧离合器的装配操作，步骤如下。

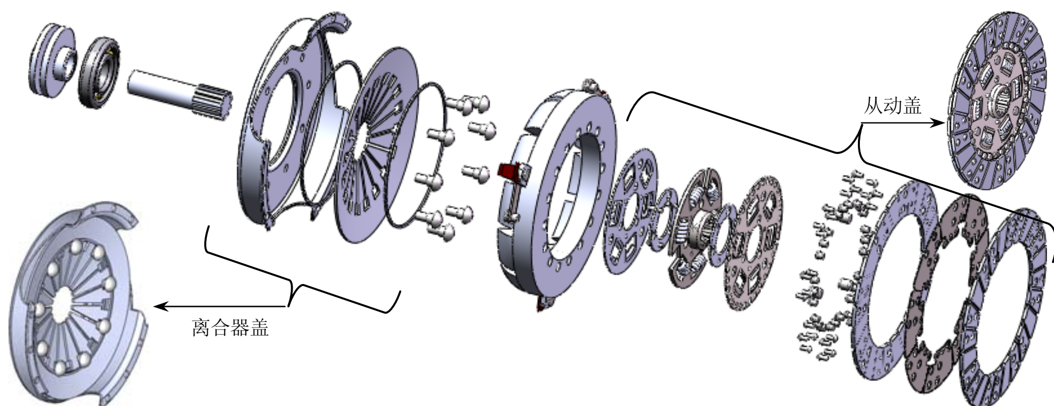


图 6-38 离合器爆炸图

1．装配离合器盖

STEP 1 新建“装配体”类型文件，并单击“插入零部件”按钮，依次导入本书提供的素材文件：离合器盖.sldprt、膜片弹簧.sldprt、支撑环.sldprt 和膜片弹簧与离合器盖铆钉.sldprt，如图 6-39 所示。

STEP 2 单击膜片弹簧和铆钉，在弹出的快捷操作面板中单击“隐藏零部件”按钮，将这两个零部件先隐藏，如图 6-40 所示。

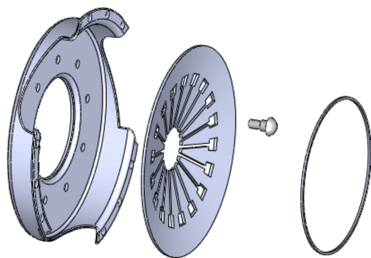


图 6-39 导入零部件

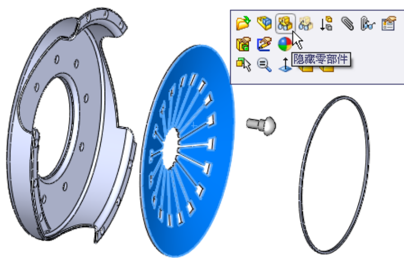


图 6-40 将零部件隐藏

STEP 3 单击“装配体”工具栏中的“配合”按钮，选择支撑环内表面和离合器盖内圆面，添加同心配合，如图 6-41 所示。

STEP 4 继续定义配合，选择支撑环靠近离合器盖的面和离合器盖内平面，添加重合配合，如图 6-42 所示。

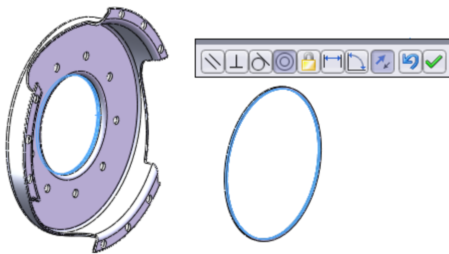


图 6-41 为零部件添加同心配合关系

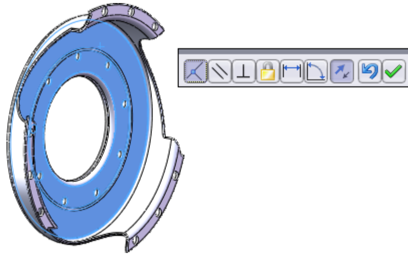


图 6-42 为零部件添加重合配合关系

STEP 5 同步骤 2 操作，首先将离合器盖和支撑环隐藏，然后再导入一个支撑环，如图 6-43 所示。

STEP 6 单击“装配体”工具栏中的“配合”按钮，选择新导入的支撑环的一条外边线和膜片弹簧的内表面，添加重合配合，如图 6-44 所示。

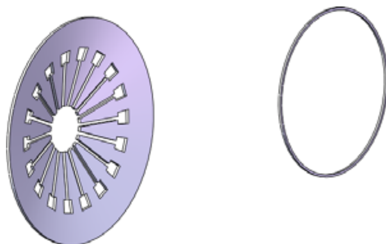
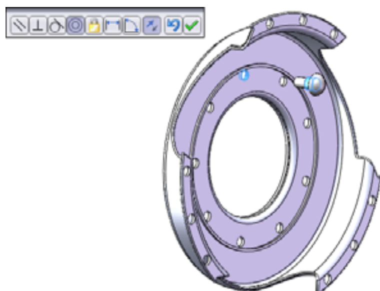

图 6-43　显示隐藏的零部件

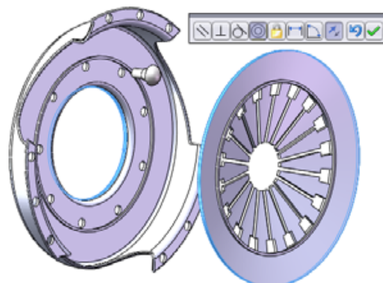


图 6-44　为零部件添加重合配合关系

STEP 7 在左侧模型树中右击铆钉，在弹出的快捷菜单中选择“显示零部件”按钮，将其显示出来，然后定义其与离合器盖上一个孔的同心关系，如图 6-45 所示。

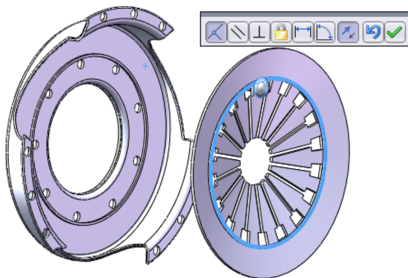
STEP 8 单击“装配体”工具栏中的“配合”按钮，为膜片弹簧与离合器盖添加同心配合，如图 6-46 所示。

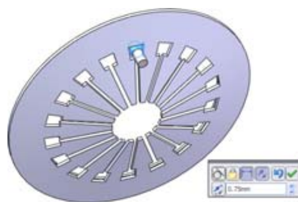

图 6-45　添加铆钉与孔同心配合关系


图 6-46　添加膜片弹簧与离合器盖的同心配合

STEP 9 继续添加铆钉冒缘平面与支撑环平面的重合配合，令铆钉与膜片弹簧在横向位置上固定，如图 6-47 所示。

STEP 10 继续添加铆钉与膜片弹簧的距离配合，令铆钉与膜片弹簧空隙的边缘面的距离为 0.75，从而定义铆钉相对于膜片弹簧的位置，如图 6-48 所示。


图 6-47　添加铆钉与支撑环的重合配合


图 6-48　添加铆钉与膜片弹簧的距离配合

STEP 11 添加铆钉杆面与离合器盖内表面的距离为 3，如图 6-49 所示（由于铆钉没有螺帽，所以此处只能添加此种配合关系，实际分析时，可根据需要设置配合距离）。

STEP 12 单击“装配”工具栏中的“圆周零部件阵列”按钮，打开“圆周阵列”属性管理器，选择离合器盖内表面为圆周阵列轴，进行阵列操作，如图 6-50 所示，完成离合器盖的装配操作，然后将此装配体保存即可。

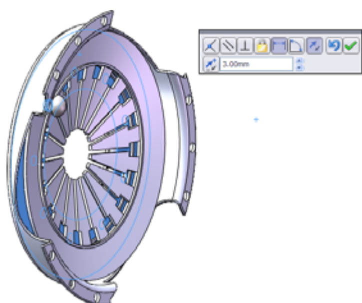


图 6-49 添加铆钉与离合器盖内面的距离配合关系

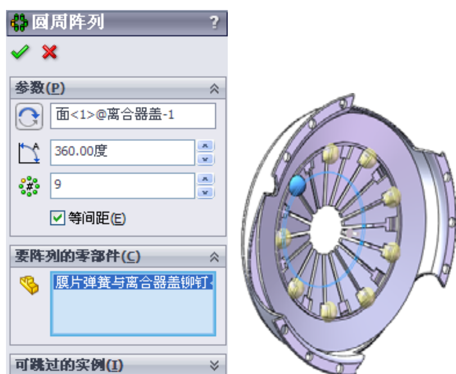


图 6-50 阵列铆钉操作

2. 装配从动盘

STEP 1 新建“装配体”类型文件，单击“插入零部件”按钮，导入本书提供的素材文件——减振器装配体.sldasm，如图 6-51 所示（此处不再单独介绍减振器的装配操作）。

STEP 2 继续导入“波形弹簧片.sldprt”文件，然后将其装配到“步骤 1”导入的减振器装配体上，如图 6-52 所示（注意波形弹簧片的方向）。

STEP 3 单击“装配”工具栏中的“圆周零部件阵列”按钮，选择减振器中心轴面进行阵列操作，效果如图 6-53 所示。

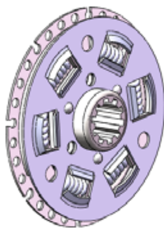


图 6-51 导入减震器装配体

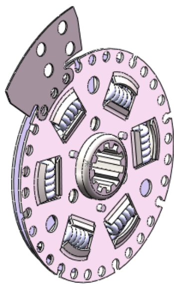


图 6-52 导入波形弹簧片并进行装配

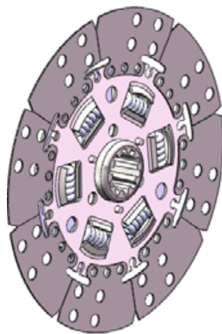


图 6-53 阵列波形弹簧片

STEP 4 插入两个“摩擦片.sldprt”，并将其装配到波形弹簧片的两边（对称错开放置），如图 6-54 所示。

STEP 5 插入“波形片与传动片铆钉.sldprt”，并将其装配到合适位置，如图 6-55 所示。

STEP 6 阵列铆钉，如图 6-56 所示。

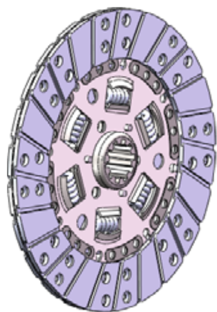


图 6-54　插入摩擦片并装配

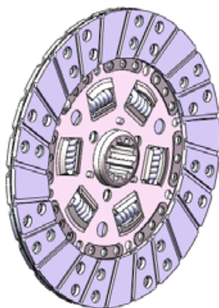


图 6-55　插入铆钉并装配

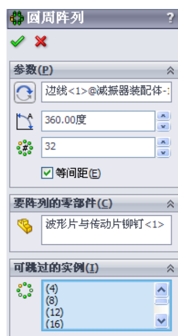


图 6-56　阵列铆钉操作

STEP 7 导入“波形弹簧片与摩擦片铆钉.sldprt”，并将其装配到合适位置（第 2 个铆钉可使用“随配合复制”操作复制），然后执行阵列操作，效果如图 6-57 所示。

STEP 8 同步骤 7 所示，导入“波形弹簧片与摩擦片铆钉.sldprt”，并执行装配和圆周阵列操作，效果如图 6-58 所示。

STEP 9 导入“限位销.sldprt”，并将其装配到合适位置，然后执行阵列操作，效果如图 6-59 所示（完成操作后，将文件保存为“从动盘.sldasm”即可）。

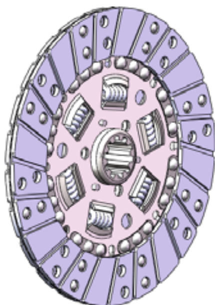


图 6-57　插入铆钉并阵列

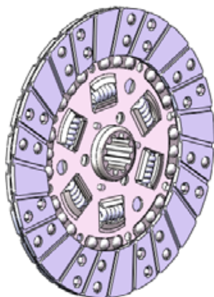


图 6-58　插入另一面铆钉并阵列

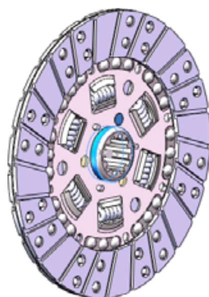


图 6-59　插入限位销并阵列

3．离合器模型总装配

STEP 1 新建“装配体”类型文件，单击“插入零部件”按钮，导入本书提供的素材文件——离合器盖.sldasm、从动盘.sldasm 和压盘.sldprt，如图 6-60 所示。

STEP 2 单击“配合”按钮，定义导入的零件在一条中轴线上，并为从动盘和压盘定义重合配合，如图 6-61 所示。

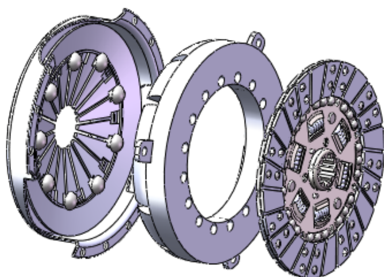


图 6-60　新建装配体并插入子装配

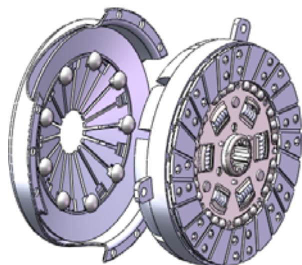


图 6-61　定位压盘

STEP 3 导入“传动片.sldprt”，并将其定义到压盘耳处圆孔和离合器盖外边缘的圆孔处，并导入“传动片铆钉.sldprt”并定义其位置，如图 6-62 所示。

STEP 4 阵列导入的传动片和铆钉，效果如图 6-63 所示。

STEP 5 同步骤 3 和步骤 4 操作，导入“勾簧.sldprt”，并定义其位置，然后执行阵列操作，效果如图 6-64 所示。

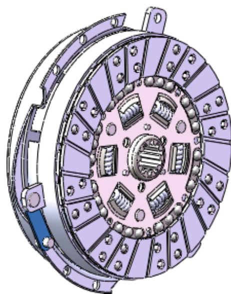


图 6-62 插入并定位传动片和铆钉

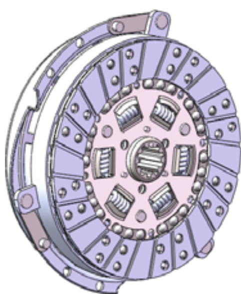


图 6-63 阵列铆钉

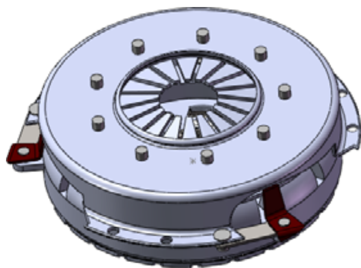


图 6-64 插入并定位勾簧

STEP 6 导入“轴承.SLDASM”“轴.SLDPRT”和“分离套筒.SLDPRT”，并定义其位置，即可完成模型的装配，如图 6-65 所示。

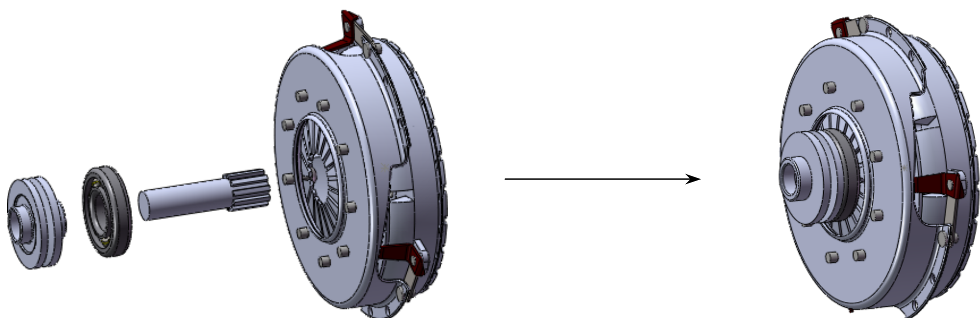


图 6-65 插入其他零部件并进行定位

6.3 创建爆炸图

通过爆炸图，可以使模型中的零部件按装配关系偏离原位置一定的距离，以便用户查看零件的内部结构，下面介绍创建爆炸视图和创建爆炸直线草图的操作。

6.3.1 建立爆炸视图

在完成零部件的装配后，即可进行爆炸图的创建，单击“装配体”工具栏中的“爆炸视图”按钮，打开“爆炸”属性管理器，如图 6-66 左图所示，然后选择零部件并进行适当的拖动（拖动操纵杆控标），即可创建爆炸视图，如图 6-66 右边两个图所示。

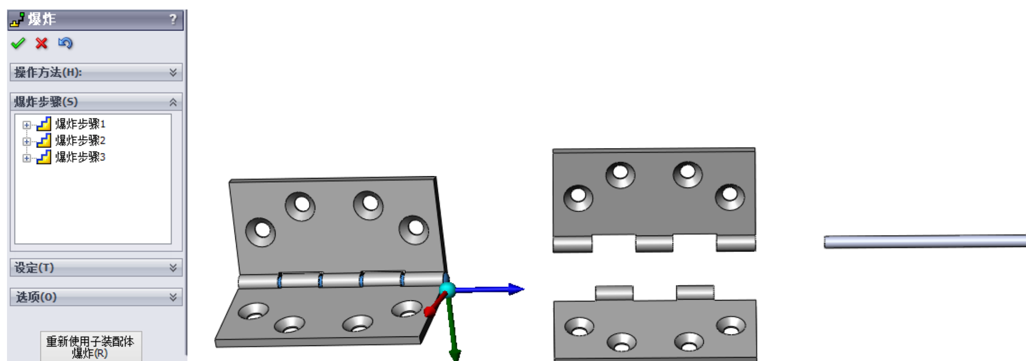


图 6-66 “爆炸”属性管理器和创建的爆炸视图

“爆炸”属性管理器还具有如图 6-67 所示的两个卷展栏，其中“设定”卷展栏主要用于显示当前选中的零部件，以及当前零部件的移动距离，当同时选择多个零部件，并单击此卷展栏中的“应用”按钮时，将按固定间距在一个方向上顺序排列各个零部件，从而自动生成爆炸视图，如图 6-67 中图所示。

“选项”卷展栏（图 6-67 右图）用于在自动生成爆炸视图时，可通过拖动此卷展栏中的滑块调整各零部件间的间距。当选中“选择子装配体的零件”复选框时，将可以移动子装配体中的零部件，否则整个子装配体将被当做一个整体对待；单击“重新使用子装配体爆炸”按钮，将使用在子装配中创建的爆炸视图。

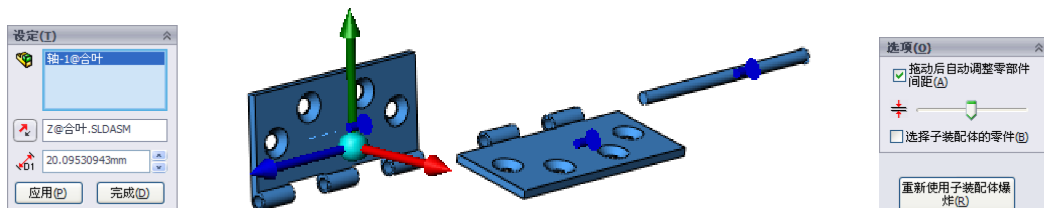


图 6-67 “爆炸”属性管理器中的两个卷展栏和自动调整的零部件爆炸效果

6.3.2 爆炸直线草图

在爆炸视图创建完成后，可以创建“爆炸直线草图”（也被称为“追踪线”）来表示各部件之间的装配关系。此时只需单击“装配体”工具栏中的“爆炸直线草图”按钮，然后顺序选择爆炸视图中零部件经过的路径面（或点、线等），即可创建爆炸直线草图，如图 6-68 所示。

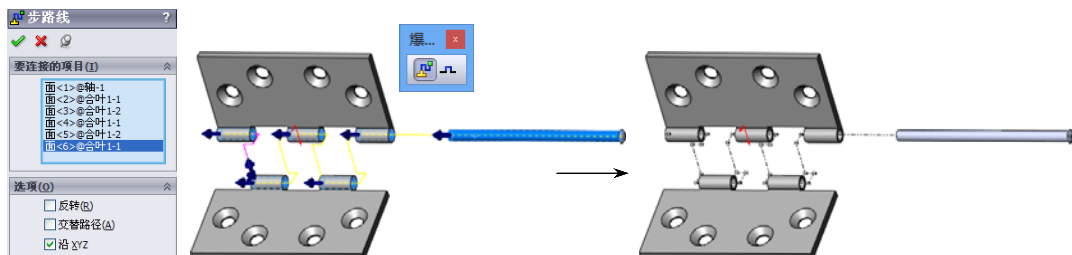


图 6-68 创建“爆炸直线草图”操作

单击“爆炸直线草图”按钮的同时还将打开“爆炸直线草图”工具栏（如图 6-68 中图所示），此工具栏共有两个按钮，分别为“步路线”按钮和“转折线”按钮，上面讲述的是使用“步路线”按钮创建“爆炸直线草图”的操作，单击“转折线”按钮则可以在创建的“爆炸直线草图”上添加转折线。

另外在“步路线”属性管理器中，有以下几个选项可以选择，它们的意义分别为：

- “反转”复选框：选中后可以反转“爆炸直线草图”的流向。
- “交替路径”复选框：选中后可以自动选择另外一可以使用的路径。
- “沿 XYZ”复选框：选中后将生成与 X、Y、Z 轴平行的路径，否则将生成最短路径。

实例精讲——装配“减速器”并创建爆炸视图

本实例将讲解，使用 SolidWorks 设计齿轮减速器装配体的操作（这里主要使用提供的素材文件设计其爆炸视图），如图 6-69 所示。

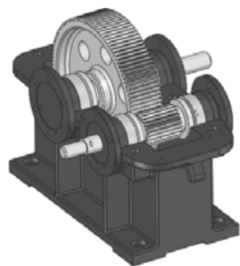


图 6-69 本节设计的减速器

【制作分析】

本实例将使用提供的素材文件创建减速器的爆炸视图，在创建的过程中，将先创建子装配的爆炸视图，然后创建总体装配的爆炸视图，并添加爆炸直线草图，如图 6-70 所示。

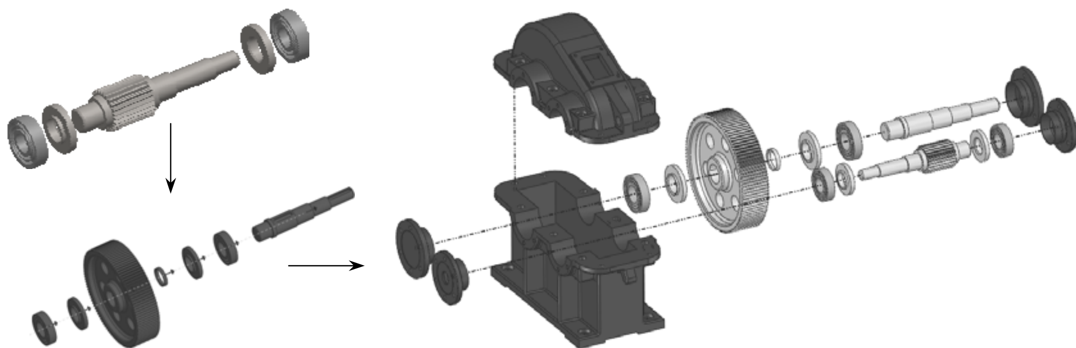


图 6-70 减速器爆炸视图的创建过程

【制作步骤】

STEP 1 打开本文提供的素材文件“齿轮轴装配.sldasm”，单击“装配”工具栏中的“爆炸视图”按钮，选择左侧“齿轮上的挡油环”，选择坐标系 Z 轴设置其爆炸方向，设置爆炸距离为 50，单击“应用”按钮，再单击“完成”按钮，如图 6-71 所示。

STEP 2 通过与“步骤 1”相同的操作，分别为零件添加在 Z 轴上的移动距离，左侧“输入轴承”为 80，右侧“输入轴承”为-180，右侧“齿轮上的挡油环”为-150，效果如图 6-72 所示，完成此子装配爆炸视图的创建，保存退出即可。

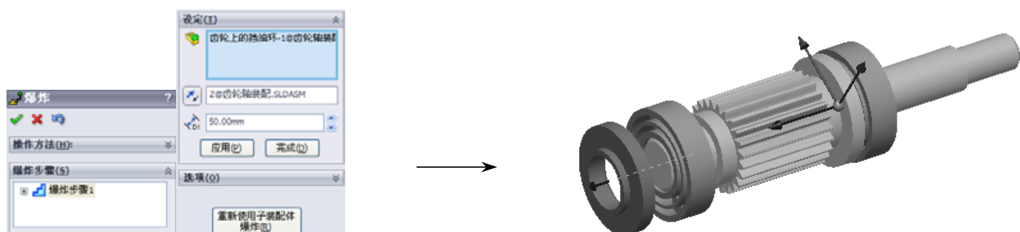


图 6-71　在爆炸视图中设置零部件的具体移动距离

STEP 3 打开本文提供的素材文件“输出轴装配.sldasm”，单击“爆炸视图”按钮，选中“爆炸”属性管理器中的“拖动后自动调整零部件间距”复选框，然后框选所有零部件，并拖动 Z 轴一定距离（150 左右），完成此子装配爆炸视图的创建，如图 6-73 所示。



图 6-72　设置所有零部件的移动距离　　　　图 6-73　选择所有零部件同时设置间距

STEP 4 打开本文提供的减速器的素材文件“总装配体.sldasm”，单击“爆炸视图”按钮，选择“机盖”竖直向上拖动一定的距离，如图 6-74 所示。

STEP 5 选择左侧两个轴承端盖，沿着坐标系轴向向左拖动一定的距离，效果如图 6-75 所示。

STEP 6 选择右侧两个轴承端盖，沿着坐标系轴向向右拖动一定的距离（应拖动一段较长的距离），效果如图 6-76 所示。

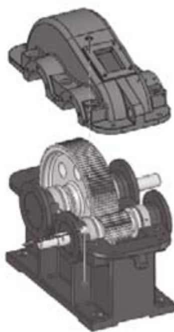


图 6-74　移动机盖

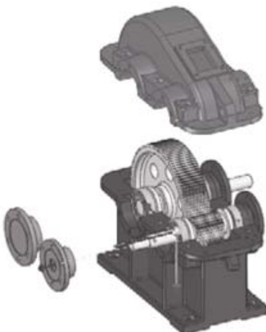


图 6-75　移动轴承端盖

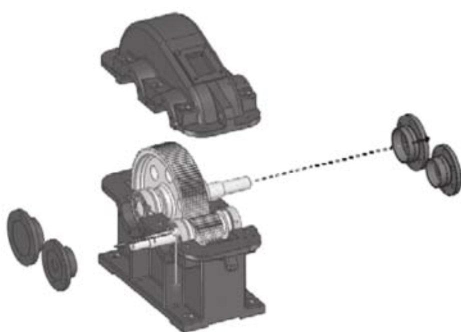


图 6-76　移动另外一侧轴承端盖

STEP 7 选择“输出轴装配”子装配，单击“爆炸”属性管理器底部的“重新使用子装配体爆炸”按钮，使用此子装配体的爆炸视图，如图 6-77 所示。

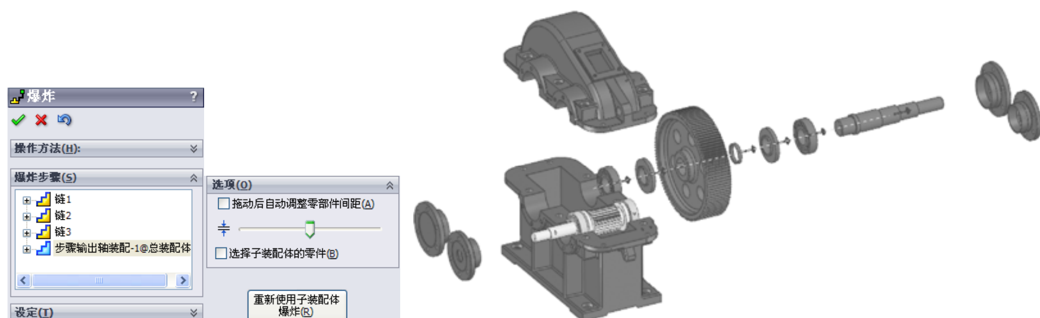


图 6-77　直接使用子装配体的爆炸视图 1

STEP 8 同步骤 7，选择“齿轮轴装配”子装配，单击“爆炸”属性管理器底部的“重新使用子装配体爆炸”按钮，使用此子装配体的爆炸视图，如图 6-78 所示。

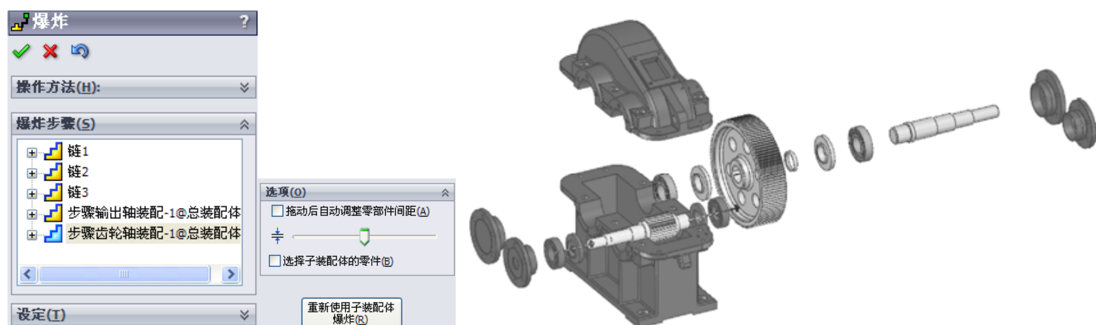


图 6-78　直接使用子装配体的爆炸视图 2

STEP 9 分别选择“输出轴装配”子装配和“齿轮轴装配”子装配，沿轴向移动其到合适的位置，如图 6-79 所示，完成总装配爆炸视图的创建。

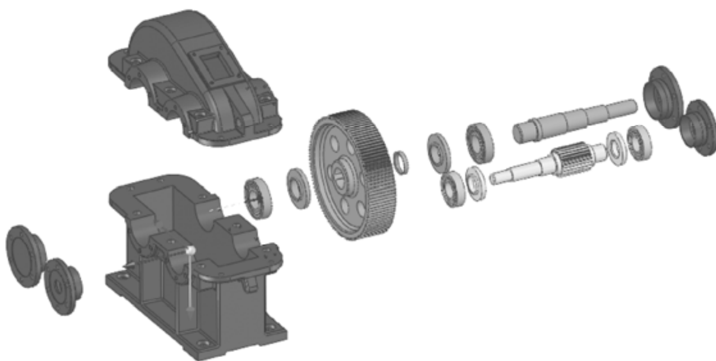
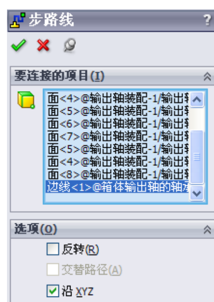


图 6-79　整体移动子装配爆炸视图的位置

STEP 10 单击“装配”工具栏中的“爆炸直线草图”按钮，依次选择一条轴线上零件的圆柱面，单击“确定”按钮，创建追踪线，如图 6-80 所示，然后通过相同操作创建另外两条步路线即可完成整个爆炸视图的创建。





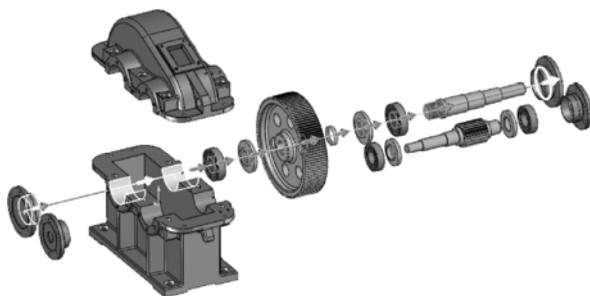


图 6-80　创建追踪线

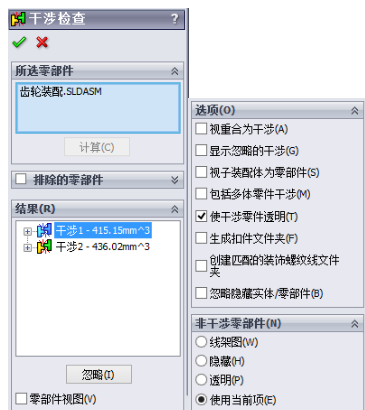
6.4　装配体的干涉检查

装配的另外一个主要目的就是检验零件的设计是否合理，零部件间是否有冲突（干涉），并可使用默认模拟器模拟零部件的机械运动，从而最大程度的避免出现设计错误，或生产出残次品，本节主要对这些内容进行讲述。

6.4.1 干涉检查

如果“装配体”中具有几十个或上百个零部件，将很难确定每个零部件是否都安装正确，或无法确认零部件间是否有交替冲突的地方，此时可以使用“干涉检查”操作来确认装配或零件设计的准确性。

单击“装配体”工具条中的“干涉检查”按钮，打开“干涉检查”属性管理器，如图 6-81 左图所示，单击“计算”按钮，将查找出当前装配体的干涉区域，并在“结果”卷展栏中进行列表显示，同时在绘图区中对“干涉”部分进行标识，如图 6-81 右图所示。



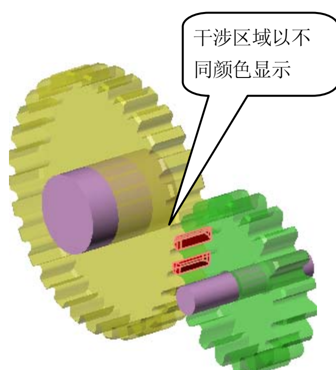


图 6-81　“干涉检查”操作

下面解释一下“干涉检查”属性管理器中（如图 6-81 左图所示）部分选项的作用：

- 选中“结果”卷展栏中的“零部件视图”复选框，将按照零部件名称（而不是按照干涉号）显示各个干涉。
- “选项”卷展栏主要用于设置零件发生干涉部分的显示状态，其中“包括多实体零件干涉”选项用于设置显示子装配体中的干涉，“生产扣件文件夹”选项用于将扣件间

的干涉隔离为在结果下的单独文件夹（此卷展栏中的其他选项较易理解，此处不做过多解释）。

➢ “非干涉零部件”卷展栏用于设置非干涉零部件的显示状态。

6.4.2 孔对齐

可通过“孔对齐”操作检测装配体中的“孔”是否全部对齐（只能检测异型孔向导、简单直孔和圆柱切除所生成孔的对齐状况，而不会识别派生、镜向和输入的实体中的孔）。

单击“装配体”工具条中的“孔对齐”按钮，打开“孔对齐”属性管理器，如图 6-82 左图所示，单击“计算”按钮，将查找出当前装配体中未对齐的孔，并以列表的形式显示在“结果”卷展栏中，选中“结果”卷展栏中的误差列表项，将在两个或多个零件体上同时标识应对齐的孔，如图 6-82 右图所示。

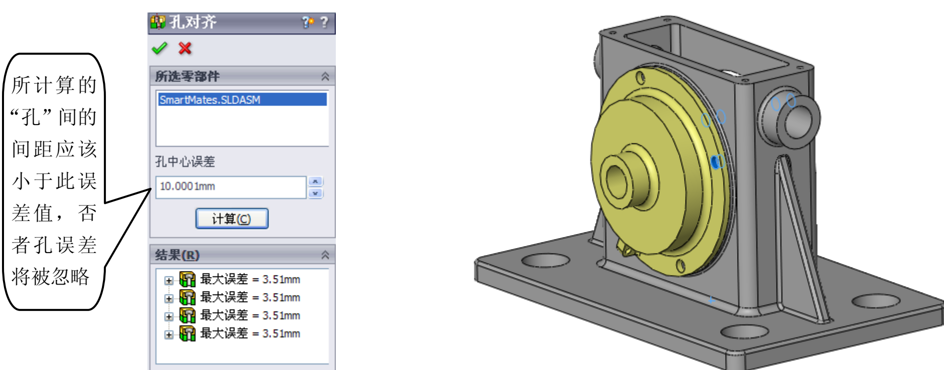


图 6-82 “孔对齐”检查操作

6.4.3 间隙验证

间隙验证操作用于检查装配体中所选零部件之间的间隙是否符合规定（在某些场合零部件件需要保持一定的安全距离），并报告不满足指定的“可接受的最小间隙”的间隙（小于此间隙）。

单击“装配”工具栏中的“间隙验证”按钮，选择两个零部件或选择两个面，设置“可接受的最小间隙”距离，单击“计算”按钮，即可查看系统是否存在有小于此间隙的间隙，如存在较小间隙，将在“结果”卷展栏中列表显示，同时在绘图区中标注出当前间隙的距离，如图 6-83 所示。

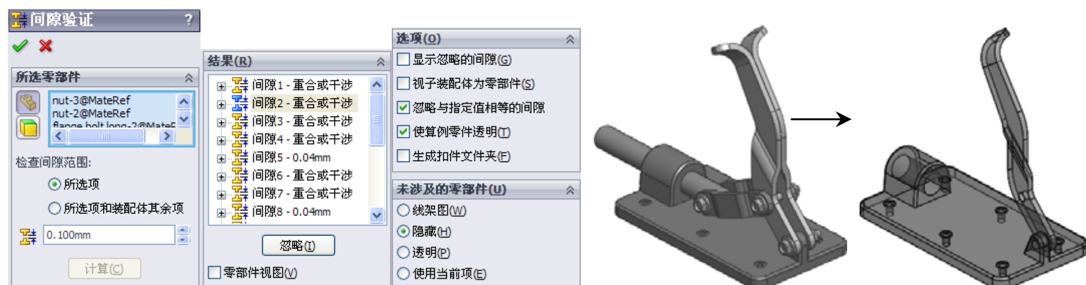


图 6-83 “间隙验证”操作和结果

下面解释一下“间隙验证”属性管理器中（图 6-83 左图）部分选项的作用：

- 在“所选零部件”卷展栏中，单击“选择零部件”按钮，可以选择零部件并验证其间隙，单击“选择项”按钮，可以验证两个面间的间隙，选择“所选项和装配体其余项”单选按钮，可以计算所选项和装配体中的所有其他项间的间隙。
- 在“选项”卷展栏中，前四个复选框较易理解，此处不做过多解释，最后一个选项“生成扣件文件夹”复选框，用于将扣件（如螺母和螺栓）之间的间隙，在“结果”卷展栏中隔离为单独的文件夹。
- “未涉及的零部件”卷展栏用于指定间隙检查中未涉及零部件的显示模式。

6.4.4 AssemblyXpert

单击“装配体”工具栏中的“AssemblyXpert”按钮，将打开“AssemblyXpert”对话框，如图 6-84 所示，此对话框是对当前装配的报表分析，从中可以获得当前工作窗口中有效的零件与子装配体的数量，以及其他可以使用的工具与键值。

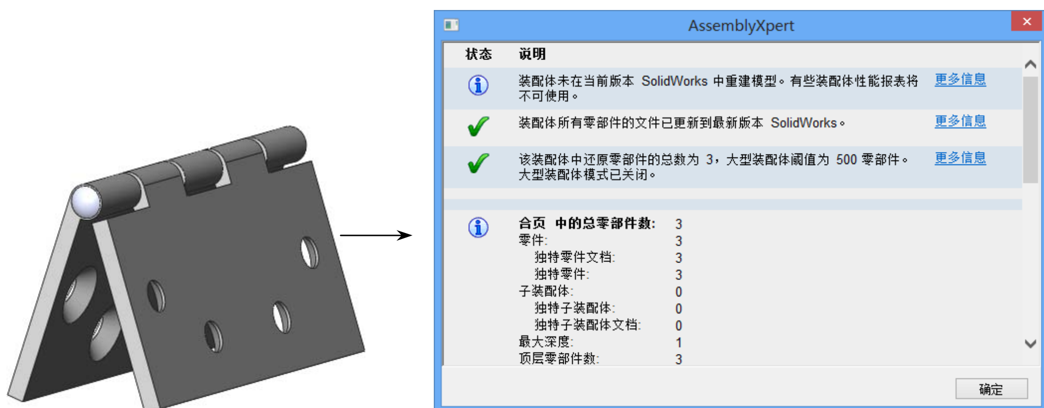


图 6-84 “AssemblyXpert”操作



知识库

> 此外，“装配体”工具栏中的“装配体直观”按钮，用于观察装配体中的零部件，并可对零部件排序，以及使用色谱反应零部件的某项值等；“新建运动算例”按钮，用于创建动画，将在第 11 章中讲解。

实例精讲——装配并检查“汽车制动器”

本实例将讲解，使用 SolidWorks 设计盘式制动器装配件的操作（这里主要使用本书提供的素材文件分析装配体的干涉情况），如图 6-85 所示。在设计的过程中将主要用到干涉检查和孔对齐的相关操作技巧。



图 6-85　车辆中的制动器及本实例要设计的制动器装配图

【制作分析】

本节将主要使用 SolidWorks 提供的工具检查汽车制动器装配体有无错误，如存不存在干涉、孔有没有对齐、间隙是否符合标准等。

【制作步骤】

STEP 1 打开本文提供的素材文件“制动器总装.sldasm”，单击“装配”工具栏中的“干涉检查”按钮，系统自动选择整个装配体，单击“干涉检查”属性管理器中的“计算”按钮，系统将计算出零件重合的区域，如图 6-86 所示。

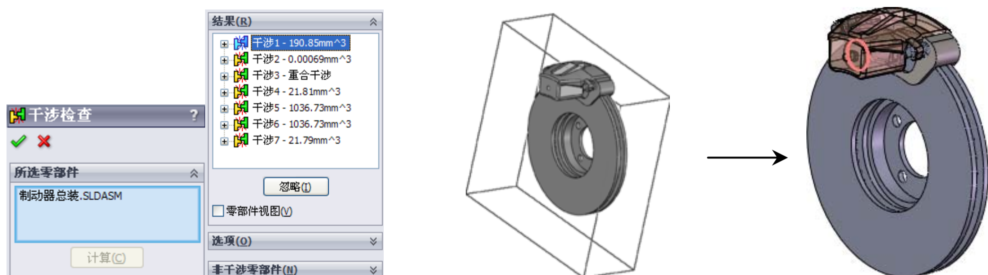


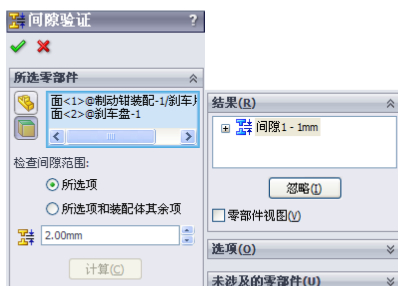
图 6-86　干涉检查操作



装配中存在干涉，说明零件与零件之间存在重叠区域（在查找出的干涉右侧标注有干涉的面积），此时选择某个干涉，在操作区中将以不同颜色标注出此干涉，然后零件设计人员可以根据干涉的大小，选择忽略此干涉，或对零件进行适当的调整。

STEP 2 单击“装配”工具栏中的“间隙验证”按钮，在打开的“间隙验证”属性管理器中单击“选择面”按钮，然后选择“制动盘”一个侧面和其临近的刹车片托架的面，设置“可接受的最小间隙”为 2，单击“计算”按钮，查看这两个面的间距是否小于 2，如图 6-87 所示（由于实际间距只有 1，所以系统给出了提示）。

STEP 3 单击“装配”工具栏中的“孔对齐”按钮，设置“孔中心误差”的最小距离为 1，单击“计算”按钮，可以查找系统中未对齐的孔，由于本文实例中没有未对其的孔，所以“孔对齐”前后，视图没有改变，如图 6-88 所示。



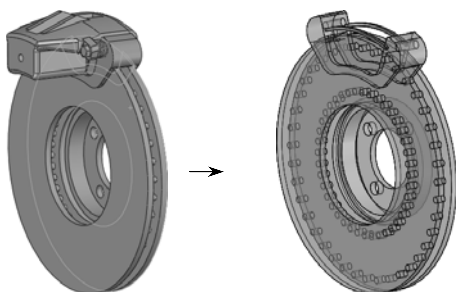
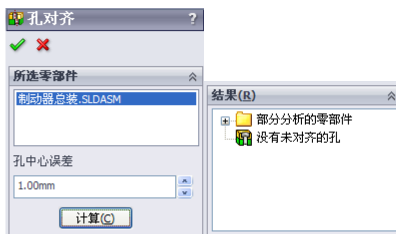


图 6-87　间隙验证操作



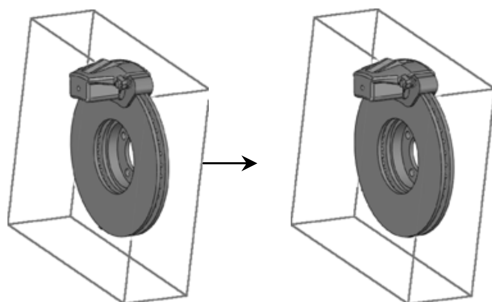


图 6-88　孔对齐检查操作

6.5　本章小结

装配是检验对象设计合理性的重要操作。本章主要介绍了零部件装配、爆炸视图的创建、干涉检查和运动算例等操作，其中重点是零部件的导入和添加“配合”的方法，应熟练掌握其操作。

6.6　思考与练习

一、填空题

（1）SolidWorks 提供有专用的装配环境，所谓“导入零部件”是指将__________________导入到装配环境中。

（2）在 SolidWorks 的装配模式中，可以通过添加____________来确定各零部件之间的相对位置关系，进而完成零件的装配。

（3）可以在不与已有的__________冲突的情况下，重新定位零部件。

（4）单击“装配体”工具栏中的“显示隐藏的零部件”按钮，可以_________零部件的隐藏状态。

（5）选择零部件，从弹出的快捷工具栏中选择“更改透明度”按钮，可以将此零件设置为___________状态。

（6）在爆炸视图创建完成后，可以创建_________________（也被称为“追踪线”）来表示各部件之间的装配关系。

（7）如果“装配体”中具有几十个或上百个零部件，将很难确定每个零部件是否都安装

正确，此时可以使用＿＿＿＿＿＿＿操作来确认装配或零件设计的准确性。

（8）可通过＿＿＿＿＿＿＿操作检测装配体中的“孔”是否全部对齐。

二、问答题

（1）共有几种“插入零部件”的方式？并简述每种方式的区别。

（2）可为零部件间设置哪几种类型的配合？简述每类配合的主要用途。

（3）有哪几种阵列零部件的方式？并简述每种阵列方式的主要作用。

三、操作题

（1）使用本章所学的知识，以本书提供的素材文件（“取暖器”文件夹下的文件）为零部件，创建如图 6-89 所示的“取暖器”零件装配。



本装配较简单，只有三个组件，在装配时可令“发热管”位于“外罩”的内部平台上，然后令外罩位于“底托”上。

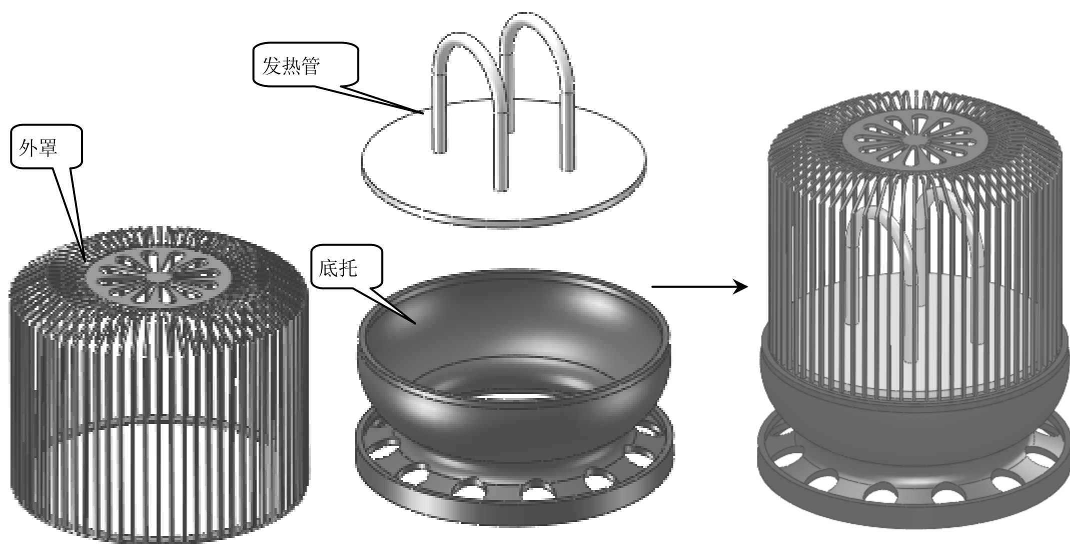


图 6-89　需创建的“取暖器”装配模型

（2）试使用本书提供的素材文件装配如图 6-90 所示的蜗轮箱。

（3）试使用本书提供的素材文件装配如图 6-91 所示的齿式离合器。

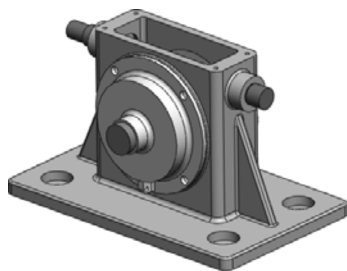


图 6-90　需装配的蜗轮箱

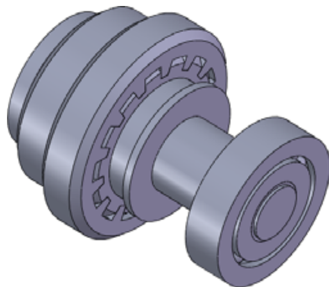


图 6-91　需装配的齿式离合器

（4）试使用本书提供的素材文件创建如图 6-92 所示的轴承座爆炸视图。

（5）试使用本书提供的素材文件（图 6-93）进行干涉检查、孔对齐检查和间隙验证操作，并分析检查结果。

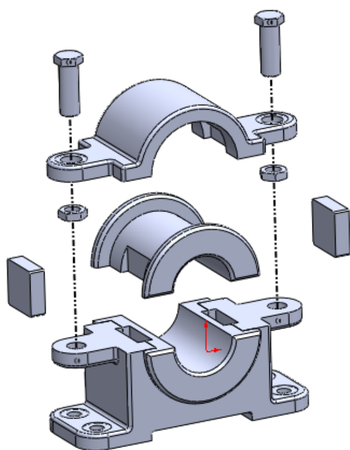


图 6-92　需创建的轴承座爆炸视图

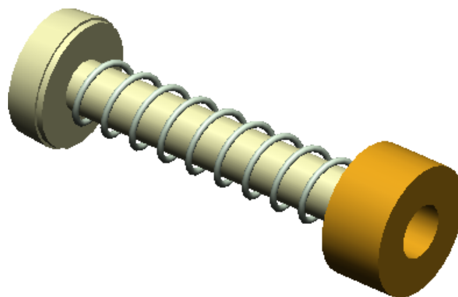


图 6-93　需进行检查的弹簧装配



第7章 工 程 图

本章要点

- 工程图概述
- 建立视图
- 编辑视图
- 工程图的标注
- 设置和打印输出工程图

学习目标

工程图是工程技术人员交流的重要载体，是表达设计思想和加工制造装配零部件的依据。由于三维模型不能将加工的尺寸精度、行位公差和表面粗糙度等参数完全表达清楚，所以通常在完成模型设计后需要绘制并打印工程图。本章讲述建立工程图、编辑工程图和标注工程图等知识。

7.1 工程图概述

在 SolidWorks 中可以将绘制好的三维模型通过投影变换等方式转换为二维的工程图。二维工程图与三维模型的数据相关联，即三维模型被修改后二维工程图将自动更新。本节主要介绍工程图的构成要素、工程图环境和简单工程图的创建。

7.1.1 工程图的组成要素

工程图简单地说就是通过二维视图反映三维模型的一种方式，通常被打印出来，并装订成图集，以作为后续加工制作的参照。工程图通常具有如下几个构成要素（参见图 7-1）：

- ➢ 视图：是模型在某个方向上的投影轮廓线，包括基本视图（前视图、后视图、左视图、右视图等）、剖视图和局部视图等。
- ➢ 标注：在视图上标识模型的尺寸、公差和表面粗糙度等参数，加工人员可以根据这些参数来加工模型。
- ➢ 标题栏：标明工程图的名称和制作人员等。
- ➢ 技术要求：顾名思义用于标明模型加工的技术要求，如要求进行高频淬火等。
- ➢ 图框：标明图纸的界限和装订位置等，超出图框的图形将无法打印。

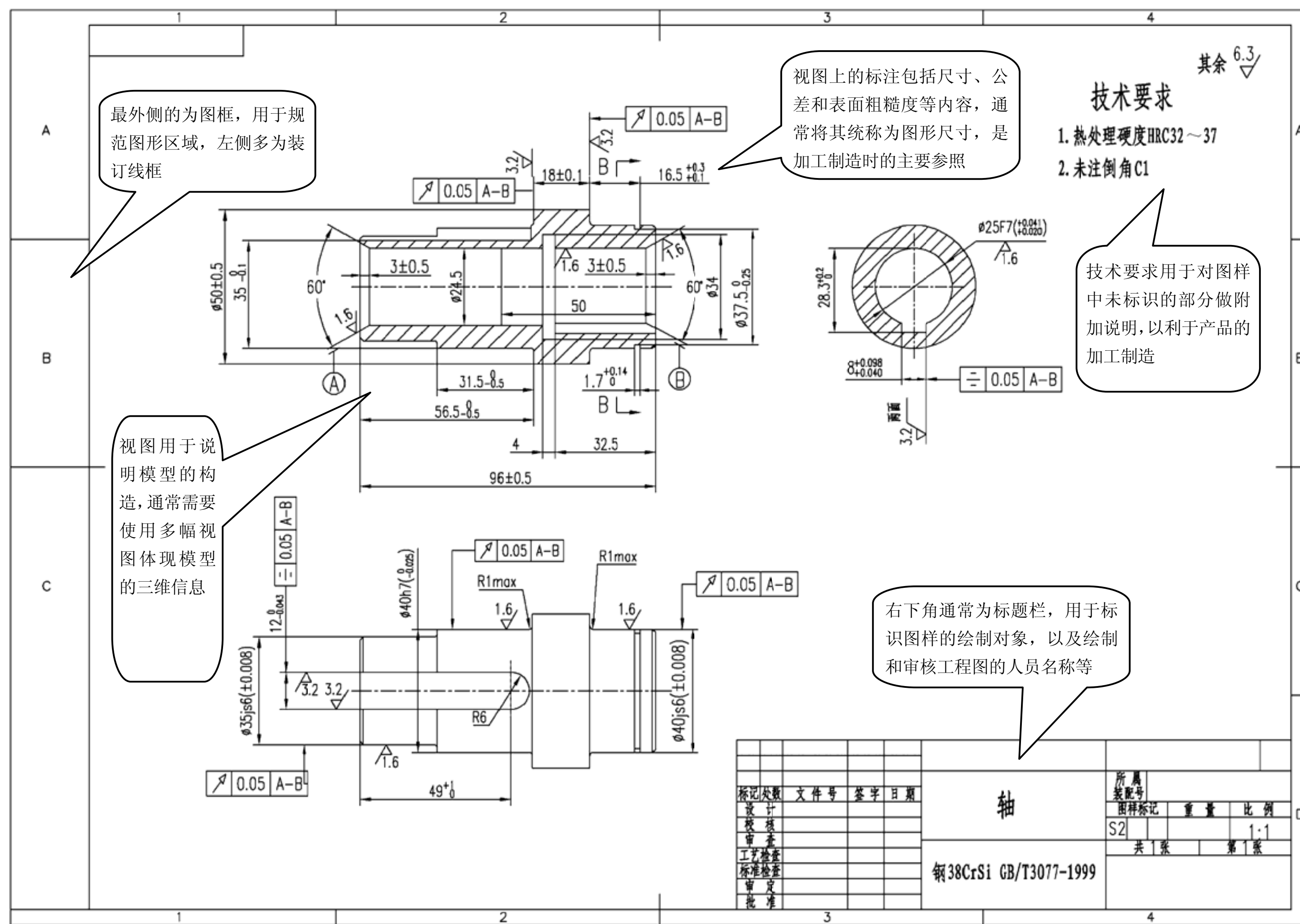


图 7-1　工程图的组成要素

7.1.2 工程图环境的模型树和主要工具栏

工程图的模型树与建模环境的模型树有所不同，主要由注解、图纸格式和工程视图三部分组成，如图 7-2 所示，各个部分的作用如图中标注所示。

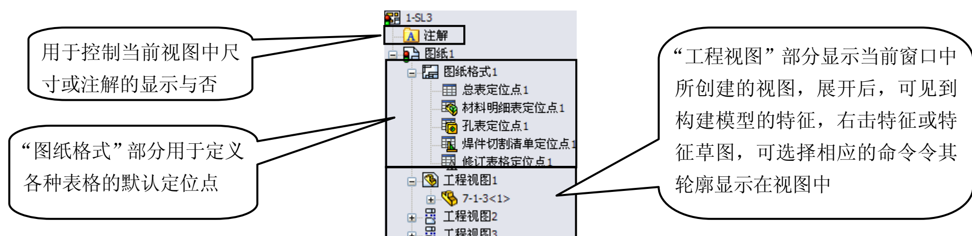


图 7-2 工程图的模型树

工程图的工具栏主要包括"工程图"工具栏、"尺寸/几何关系"工具栏和"注解"工具栏，如图 7-3 所示。其中"工程图"工具栏中的按钮主要用于绘制模型的各种视图，将在 7.2 节中讲述其各个按钮的功能；"尺寸/几何关系"工具栏和"注解"工具栏主要用于添加工程图的各种标注，将在 7.4 节中讲述其主要按钮的功能。

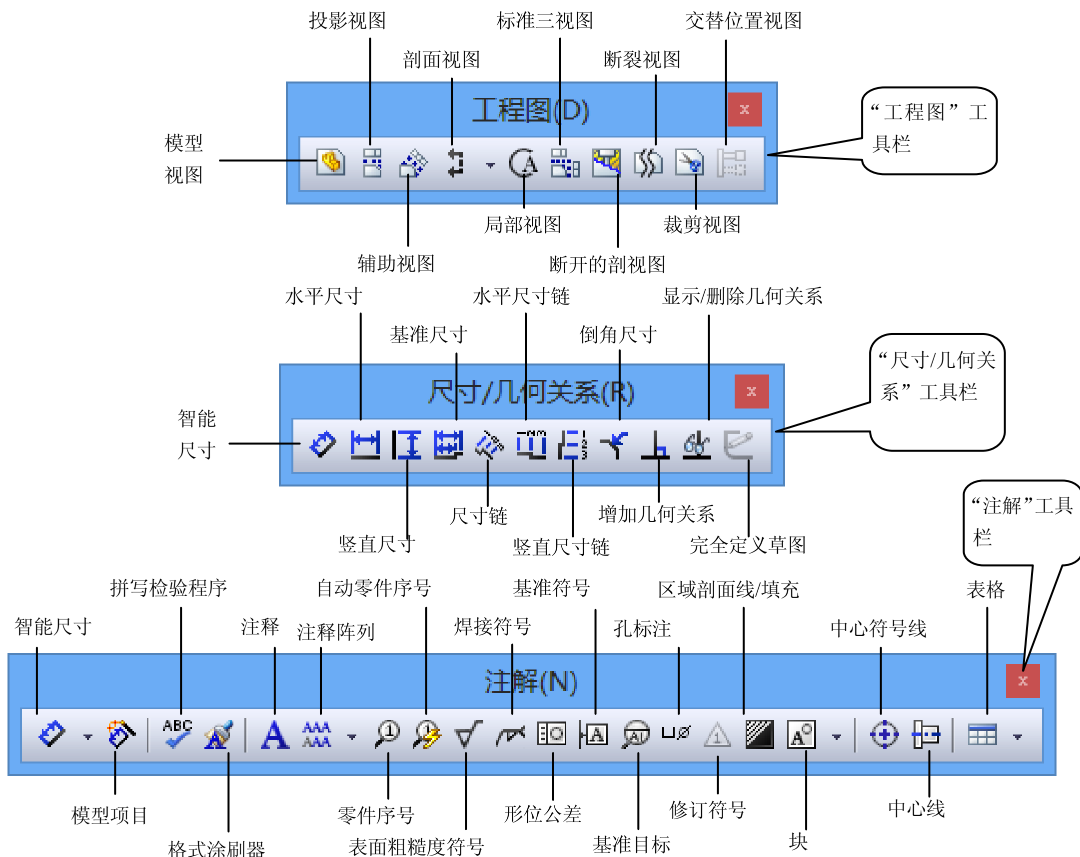


图 7-3 工程图环境下的几个主要工具栏



7.1.3 简单工程图的创建

下面看一个使用 SolidWorks 创建简单工程图的实例，以了解工程图的基本创建过程，操作步骤如下：

STEP 1 选择“文件”>“新建”菜单，打开“新建 SolidWorks 文件”对话框，如图 7-4 左图所示，单击“工程图”按钮，单击“确定”按钮继续。



提示

> 在 SolidWorks 2013 中，工程图默认选用 A0 大小的图纸，在创建工程图时，不再提供选择图纸类型（和大小）的对话框，如需要自定义图纸大小或模版，可在“视图效果”属性管理器中单击“取消“按钮，然后右击工程图空白处，选择“属性”菜单，打开“图纸属性”对话框，从中设置图纸大小，如图 7-5 所示。

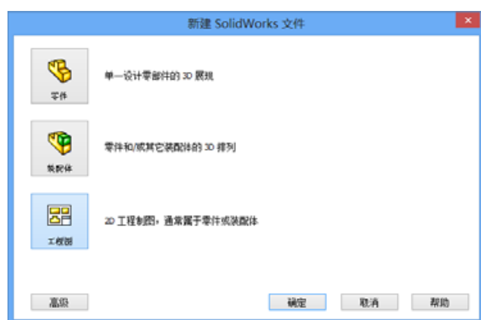


图 7-4 “新建 SolidWorks 文件”对话框

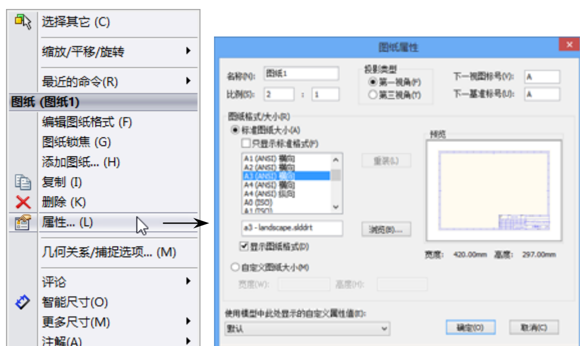


图 7-5 打开“图纸属性”对话框

STEP 2 系统自动打开“视图效果”属性管理器，如图 7-6 左图所示，单击“浏览”按钮，在弹出的对话框中选择本书提供的素材文件“7-1-3 简单工程图（SC）.SLDPRT”，“视图效果”属性管理器显示出如图 7-6 右图所示选项。



图 7-6 “模型视图”属性管理器

STEP 3 保持系统默认，在绘图区的适当位置连续单击，如图 7-7 所示，创建四个视图，并选择最后一个视图的边界将其移动到图示的位置。

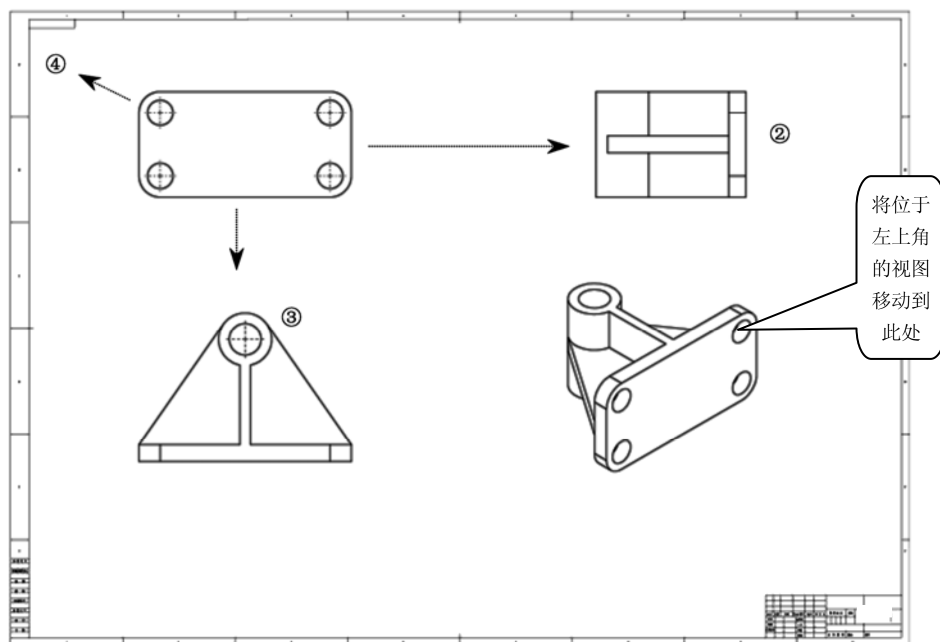


图 7-7　创建模型的几个视图

STEP 4 单击“尺寸/几何关系”工具栏的“智能尺寸”按钮，按照与在草图中标注尺寸相同的操作为视图添加如图 7-8 所示的标注。

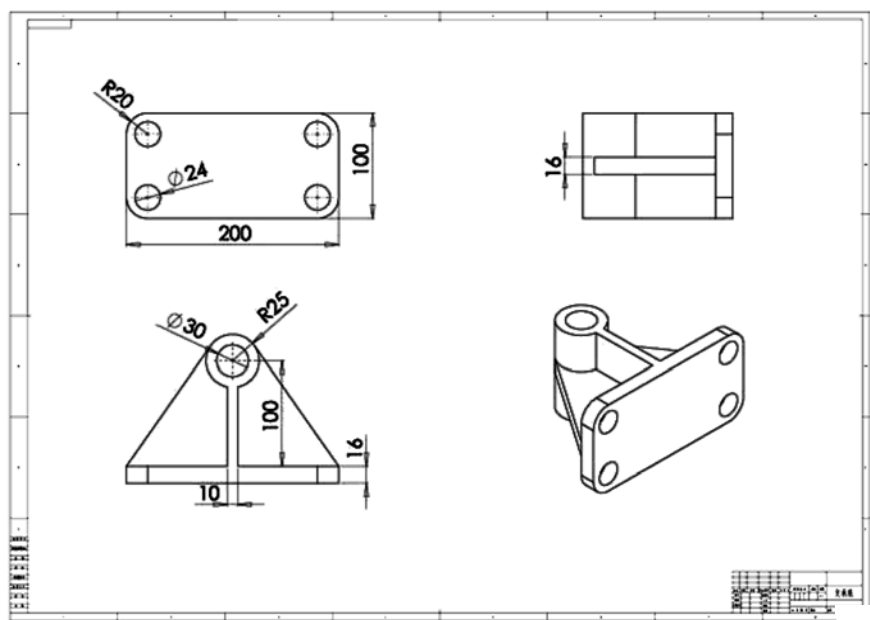


图 7-8　标注模型尺寸

STEP 5 右击图纸空白处，选择“编辑图纸格式”菜单，在图纸模板的“标题”单元格内双击，填写图纸的名称为“支承座”，再右击图纸空白处，选择“编辑图纸”菜单，完成工程图的创建，如图 7-9 所示。

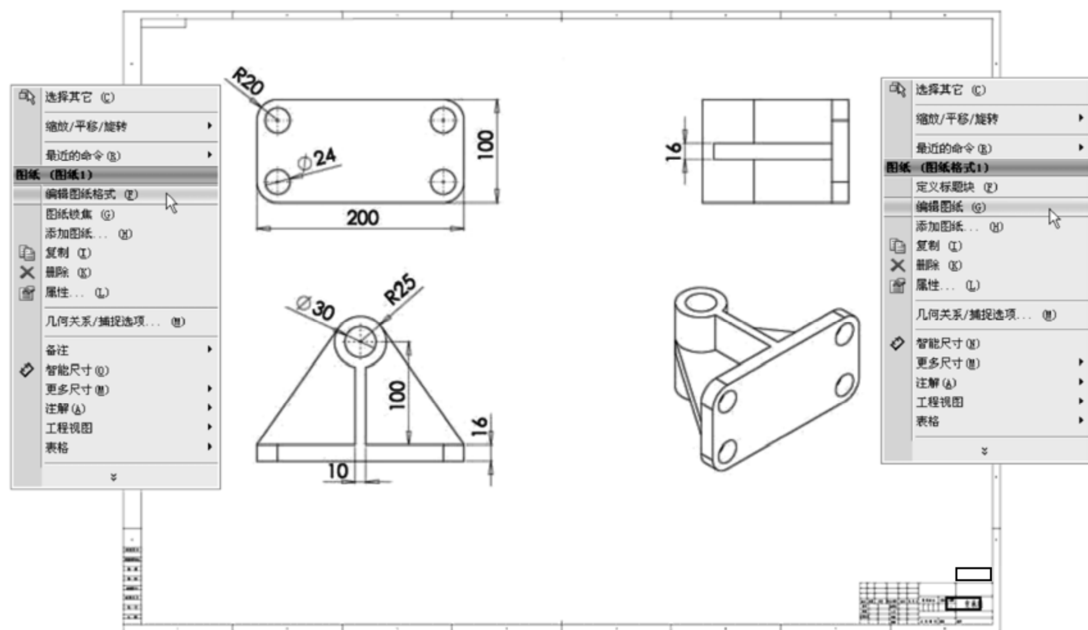


图 7-9　设置“标题栏”

7.2　建立视图

视图是指从不同的方向观看三维模型而得到的不同视角的二维图形（即将模型朝某个方向投影得到的轮廓图形）。为了反映模型的详细构造，我们需要使用多种视图来对模型进行描述，经常使用的有模型视图、投影视图和辅助视图等，本节介绍其创建方法。

7.2.1 模型视图

“模型视图”工具用于创建各种标准视图（前视图、后视图、左视图、右视图和等轴测视图等），标准视图是放置在图纸上的第一个视图，用于表达模型的主要结构，同时也是创建投影视图和局部视图等的基础和依据。

单击“工程图”工具栏中的“模型视图”按钮，打开“视图效果”属性管理器，如图 7-10 所示，单击“浏览”按钮，在弹出的对话框中选择用于创建工程图的模型文件，再在“视图效果”属性管理器中选择要创建哪个方向的标准视图，设置完成后，在操作区中单击，即可创建标准视图。

标准视图创建完成后，系统自动以此标准视图为基础，开始创建投影视图，此时只需向各个方向移动鼠标并单击，即可创建此方向的投影视图（关于投影视图详见 7.2.3 节）。

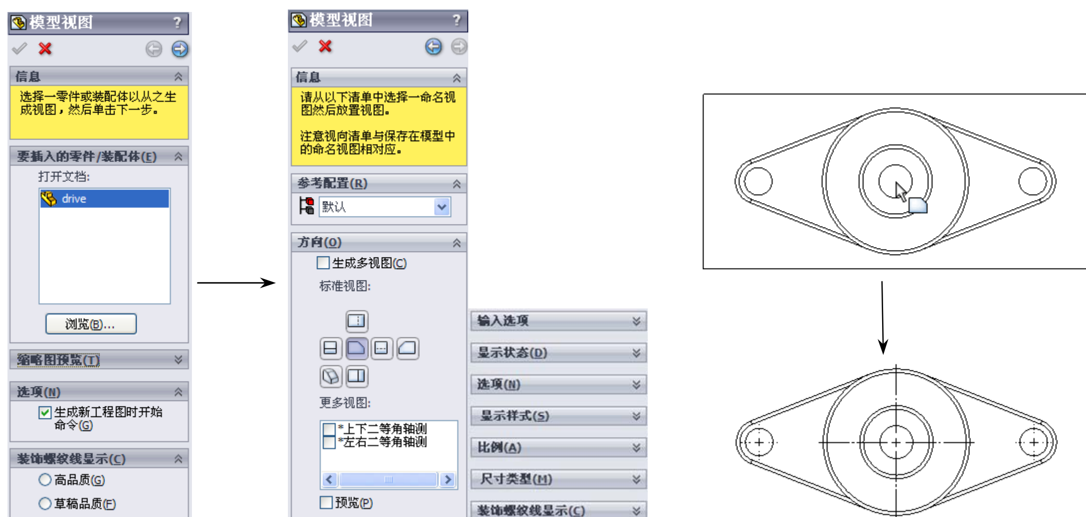


图 7-10　设置“标题栏”

下面解释一下“模型视图”属性管理器中重要选项和卷展栏的作用：

- “参考配置”卷展栏：当原模型具有多种配置时，可在此卷展栏的下拉列表中选择用于生成视图的配置，如图 7-11 所示。

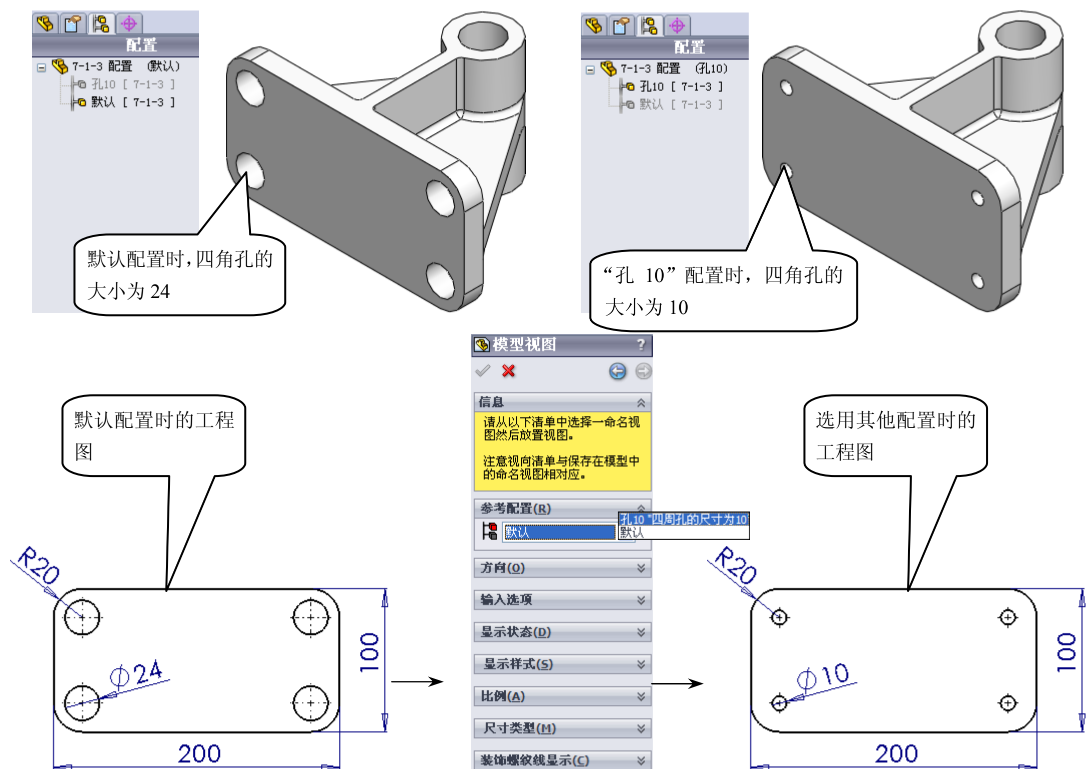


图 7-11　在工程图中选用“配置”的作用



> 在零件模式下，可使用“Configuration Manager”（配置管理器）选项卡为零件增加或删除配置，如图 7-12 所示。新增加的配置与原配置具有相同的特征参数，要为各个配置设置不同的参数，可在当前配置下，在修改模型的某个尺寸时，在“修改”对话框的“配置”下拉列表中选择“此配置”列表项，如图 7-13 所示。



图 7-12　配置管理器

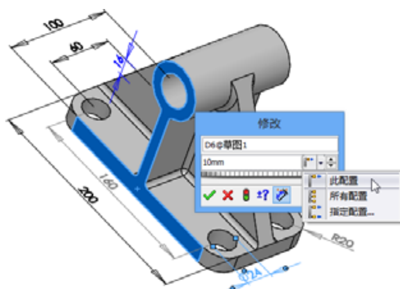


图 7-13　只将修改应用于此配置操作

- “多个视图”单选钮：当选择此单选钮时，可以在“方向”卷展栏中单击相应的按钮，一次创建多个标准视图。
- “输入选项”卷展栏：选择此卷展栏下的单选钮，可以在视图中输入建模模式下添加的注释，如图 7-14 所示。

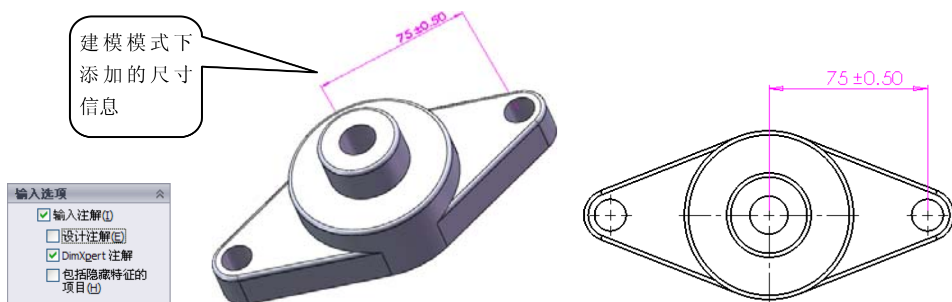


图 7-14　“输入选项”卷展栏

- “选项”卷展栏：如图 7-15 左图所示，选中此卷展栏中的“自动开始投影视图”复选框，将在创建完标准视图后，自动开始创建投影视图。
- “显示样式”卷展栏：设置视图的显示样式，如图 7-15 中图和右图所示。

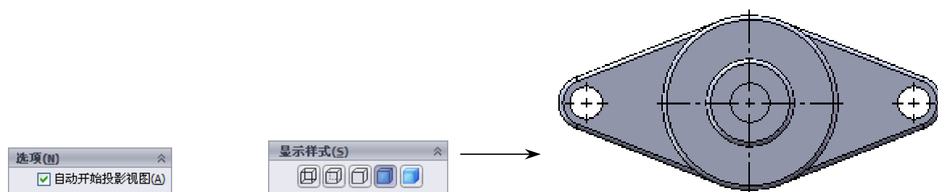


图 7-15　“选项”卷展栏和“显示样式”卷展栏的作用

➢ “比例”卷展栏：主要用于设置视图打印尺寸与模型真实尺寸的比值，如图 7-16 所示。

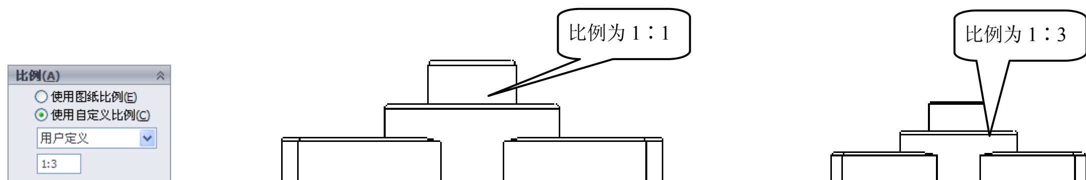


图 7-16 “比例”卷展栏的作用

➢ “尺寸类型”卷展栏：选中此卷展栏中的“真实”单选钮，在视图中标注的尺寸为模型的真实值，如选择“预测”按钮，则在模型中标注的尺寸为模型到当前平面的投影尺寸，如图 7-17 所示，此功能在轴测图中有明显区别。

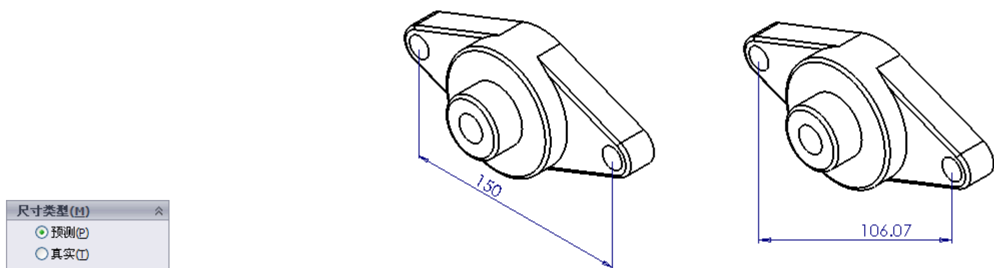


图 7-17 “尺寸类型”卷展栏的作用

➢ “装饰螺纹线显示”卷展栏：如图 7-18 所示，其“高品质”项表示所有的模型信息都被装入内存（系统运行速度会受影响）；“草稿品质”项表示将最小的模型信息装入内存，有些边线可能看起来丢失，打印质量也可能略受影响。

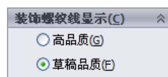


图 7-18 “装饰螺纹线显示”卷展栏

7.2.2 标准三视图

“标准三视图”工具用于产生零件的 3 个默认的正交视图（如前视图、上视图和侧视图）。单击“工程图”工具栏中的“标准三视图”按钮，在打开的属性管理器中选择用于生成三视图的模型文件，即可在视图的默认位置生成视图，如图 7-19 所示。

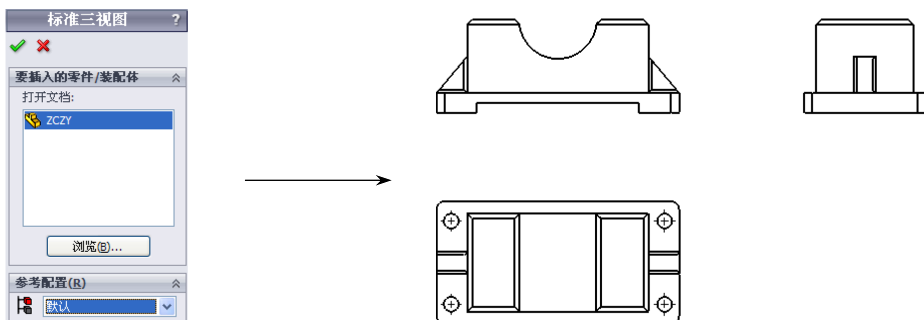


图 7-19 生成“标准三视图”

7.2.3 投影视图

投影视图是标准视图在某个方向的投影，用于辅助说明零件的形状。投影视图通常紧随标准视图创建，也可单击“工程图”工具栏中的“投影视图”按钮，打开“投影视图”属性管理器，如图 7-20 左图所示，然后选择一标准视图作为投影视图的参照，再在绘图区的相应位置单击即可创建投影视图，如图 7-20 中图所示。

在“投影视图”属性管理器中，选择“箭头”复选框，可在创建投影视图时添加用于表示投影方向的箭头标记，如图 7-20 右图所示（并可在“箭头”卷展栏中输入跟随投影视图和箭头显示的说明性文字）。

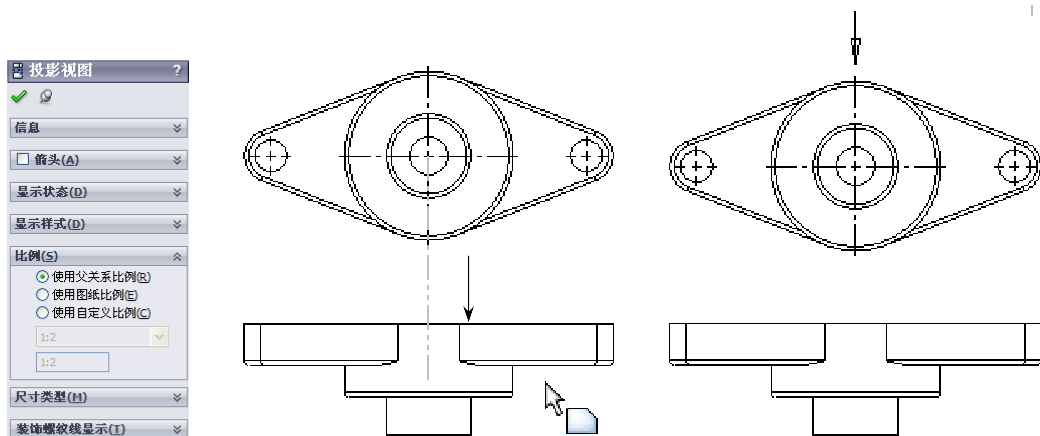


图 7-20　生成“投影视图”



知识库

投影视图的投影样式与工程图采用的“投影类型”有关，通常有“第一视角”和“第三视角”两种投影类型，系统默认使用“第一投影”类型来生成投影视图（这也是我国采用的投影方式），可右击模型树中的视图，选择“属性”菜单，在打开的对话框中更改视图的默认投影类型。

7.2.4 辅助视图

在 SolidWorks 中，“辅助视图”是一种类似于“投影视图”的派生视图，通过在现有视图中选取参考边线，创建垂直于该参考边线的展开视图。

单击“工程图”工具栏中的“辅助视图”按钮，打开“辅助视图”属性管理器，如图 7-21 左图所示，选取标准视图的一条边线作为辅助视图投影方向的参照，拖动鼠标并在适当位置单击，将创建垂直于参考边线方向的辅助视图，如图 7-21 中图和右图所示。

在“辅助视图”属性管理器的“选项”卷展栏中（如图 7-21 中图所示），可选择在辅助视图中显示模型某个方向上的注解。



图 7-21 生成“辅助视图”

7.2.5 剖面视图

在绘制工程图时，一些实体的内部构造较复杂，需要创建剖面视图才能清楚地了解其内部结构。所谓剖面视图就是指用假想的剖切面，在适当的位置对视图进行剖切后沿指定的方向进行投影，并给剖切到的部分标注剖面符号，由此得到的视图被称为剖面视图。

单击“工程图”工具栏中的“剖面视图”按钮，选择一种剖切线方式，然后在零件视图的剖切位置处单击，然后单击“确定”按钮，拖动鼠标再在合适位置处单击（此时可在“剖面视图”属性管理器中设置剖面符号等），即可创建通过此剖面线切割的剖面视图，如图 7-22 所示。

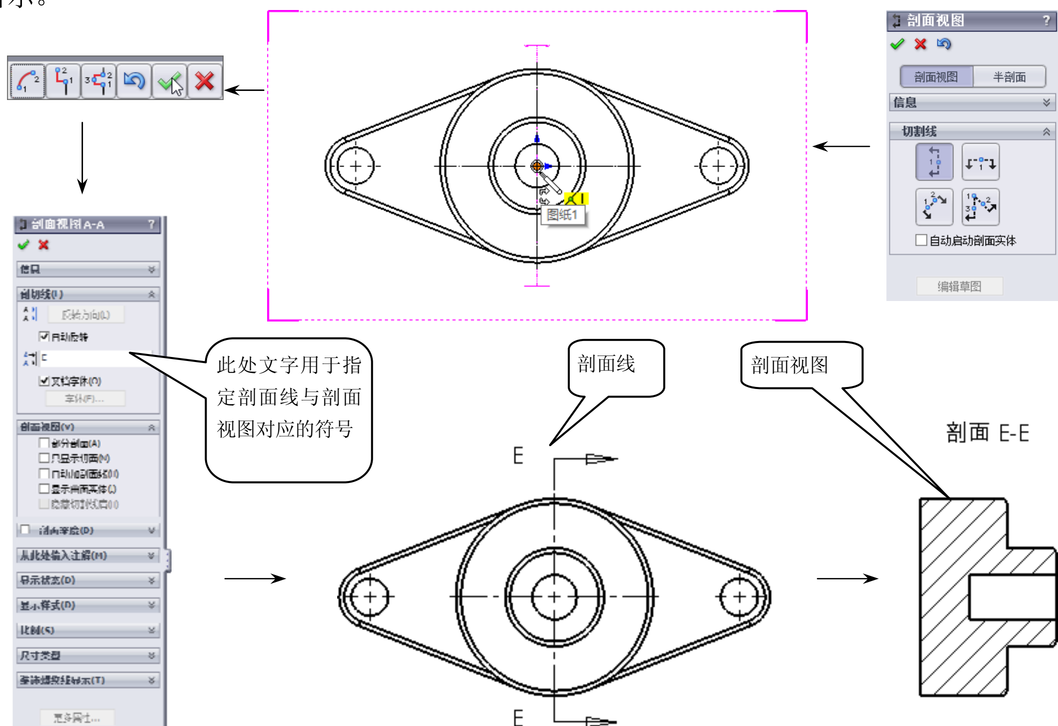


图 7-22 生成“剖面视图”

“剖面视图”属性管理器中的“切割线”卷展栏中的“竖直”按钮和“水平”按钮用于创建横向或竖向的剖切，“辅助视图”按钮用于创建斜向剖切视图，“对齐”按钮用于创建旋转剖切视图。其中前三个按钮较易操作，在操作区的某个视图的需要剖切的位置单击（或单击两次），确定剖切线的位置，“确定”后拖动单击即可创建剖切视图。使用“对齐”按钮创建旋转剖视图的操作，将在本节最后讲述其操作方法。

此外，在此卷展栏中选中“自动启动剖面实体”复选框，在单击确定了剖切线的位置后，将直接开始创建剖面视图，而不会出现提示可调整视图剖切线的工具栏；如不选中此复选框，可出现工具栏，此时单击此工具栏中的相关按钮，可对剖切线进行调整，如令其弯曲、旋转或呈圆弧形式等（折线位置处的视图将被忽略，而将另外两条直线剖切的位置合并），如图 7-23 所示。

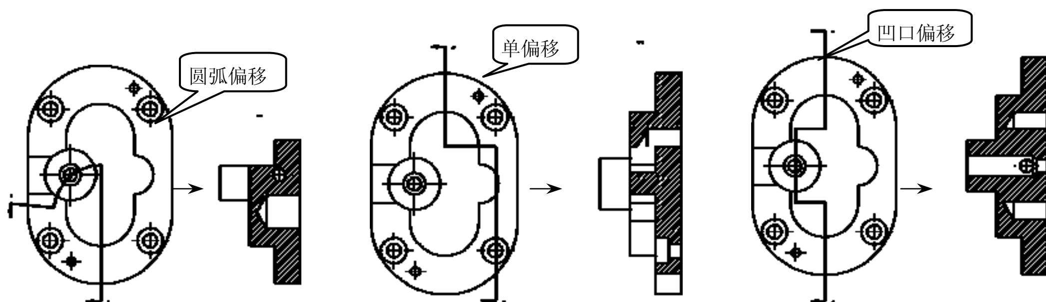


图 7-23　调整“切割线”的效果

这里再来了解一下“剖面视图 A-A”属性管理器中（如图 7-22 左图所示）“剖面视图”卷展栏中各选项的作用：

- “部分割面”复选框：可首先绘制一条直线（令此直线不完全通过模型），然后选中此直线，再单击“剖面视图”按钮，此复选框将自动被选中，拖动后，单击可创建“部分剖面视图”，如图 7-24 所示。



图 7-24 “部分剖面”复选框的作用



先绘制直线（或相交折线），然后选中直线，再单击“剖面视图”按钮，是另外一种可以创建剖面视图的方式（老版本中使用的方式，新版本中仍然可用）。

- “只显示切面”复选框：用于设置只显示剖面线切除的曲面，如图 7-25 所示。
- “自动加剖面线”复选框：此选项在创建装配体的剖切视图时有用，选中后可以自动

使用不同的剖切线来标注被切割的不同模型，否则多个被切割体将使用同一种剖切线，如图 7-26 所示。

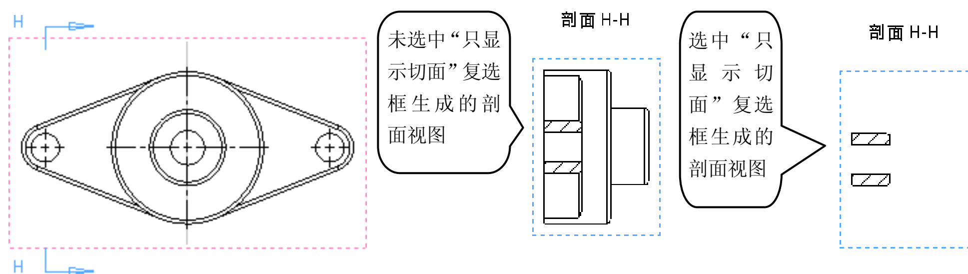


图 7-25 “只显示切面”复选框的作用

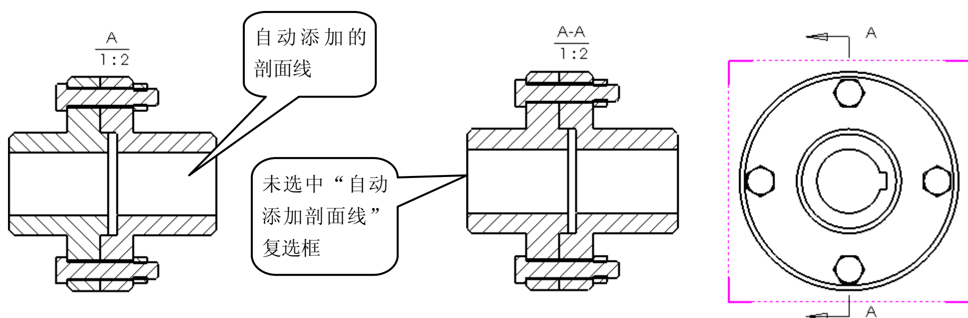


图 7-26 “自动加剖面线”复选框的作用

➢ “显示曲面实体”复选框：设置将模型中的曲面实体显示出来，如图 7-27 所示。

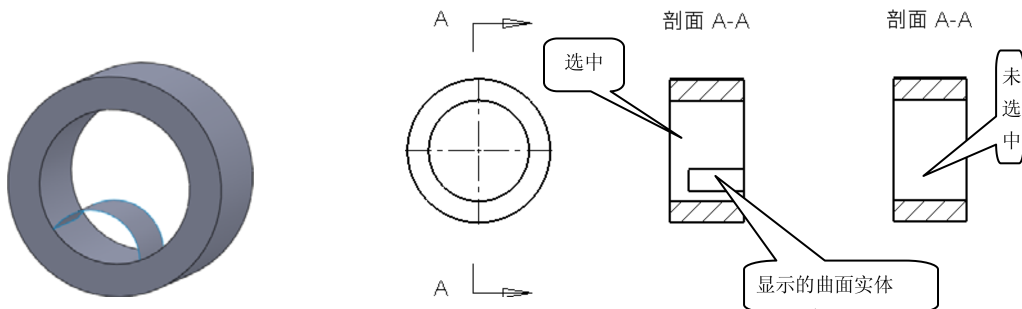


图 7-27 “显示曲面实体”复选框的作用



“剖面视图”属性管理器中的“剖面深度”卷展栏（如图 7-28 左图所示），主要用于设置剖视图中显示零件的范围，其所设置的剖面深度是指剖切线与剖面基准面之间的距离，在此距离内的零件区域将被显示，不在此距离内的零件区域将不被显示，如图 7-28～图 7-30 所示。

此卷展栏中的“深度参考”选择框用于定位剖面基准面的参照位置，如图 7-30 所示。



单击“预览”按钮可预览此剖面深度下，剖面视图的样式。

此外，“剖面视图”属性管理器中的“在此处输入注解”卷展栏的作用，可参照前面“7.2.1 模型视图”一节中，对“输入选项”卷展栏作用的讲述。

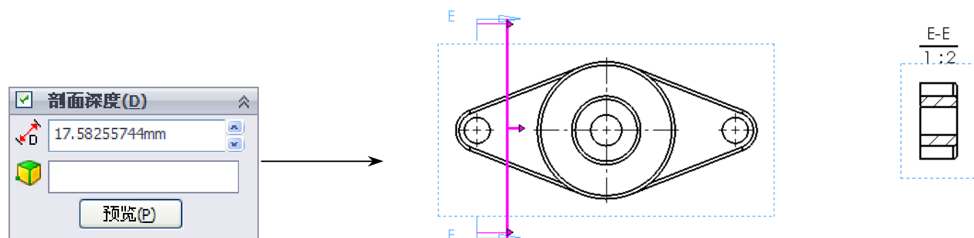


图 7-28 “剖面深度”较小时在剖面视图中只显示模型的一小部分

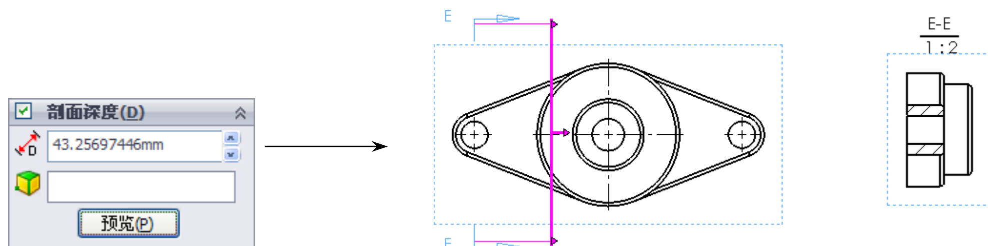


图 7-29 “剖面深度”增大时模型显示区域增加

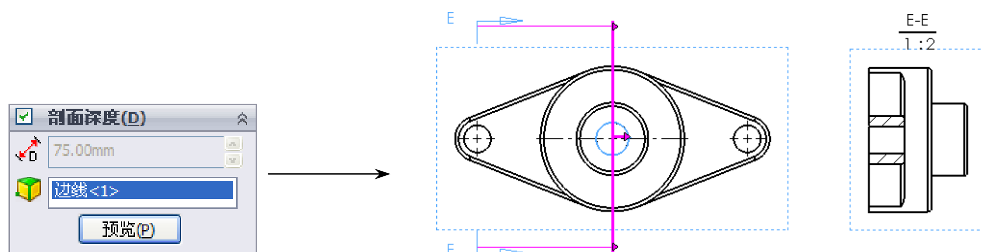


图 7-30 使用边线定位了剖面深度并显示了更多的模型区域

此外，在“剖面视图”属性管理器中的“切割线”卷展栏中单击“对齐”按钮，然后顺序绘制两条共端点的折线，可创建旋转剖视图，如图 7-31 所示（旋转剖视图是两条折线剖切面的合并视图）。

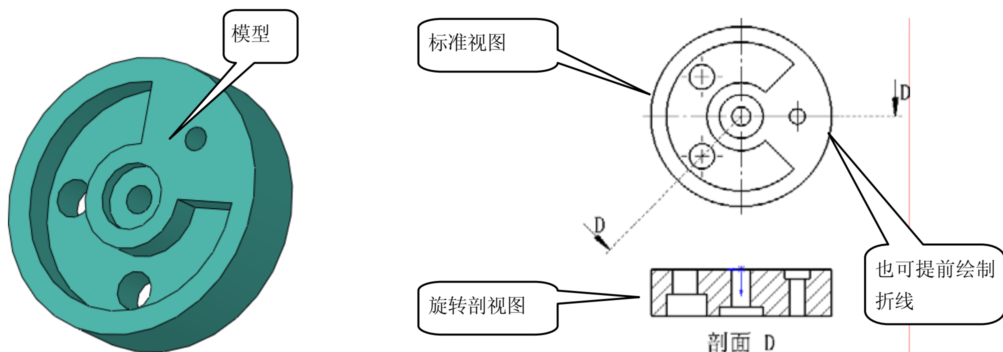


图7-31 创建“旋转剖视图”

7.2.6 局部视图

当需要表达零件的局部细节时，可以用圆形或其他闭合曲线通过框选的方式（可框选标准视图、投影视图或剖面视图等的某个区域）来创建原视图的局部放大图。

单击“工程图”工具栏中的“局部视图”按钮，选择用于绘制局部视图的视图，打开“局部视图”属性管理器，如图 7-32 左图所示，选择“完整外形”复选框，并设置相应的绘图比例，在绘图区中要创建“局部视图”的位置绘制一个圆，拖动鼠标在适当位置单击即可创建局部视图，如图 7-32 右图所示。

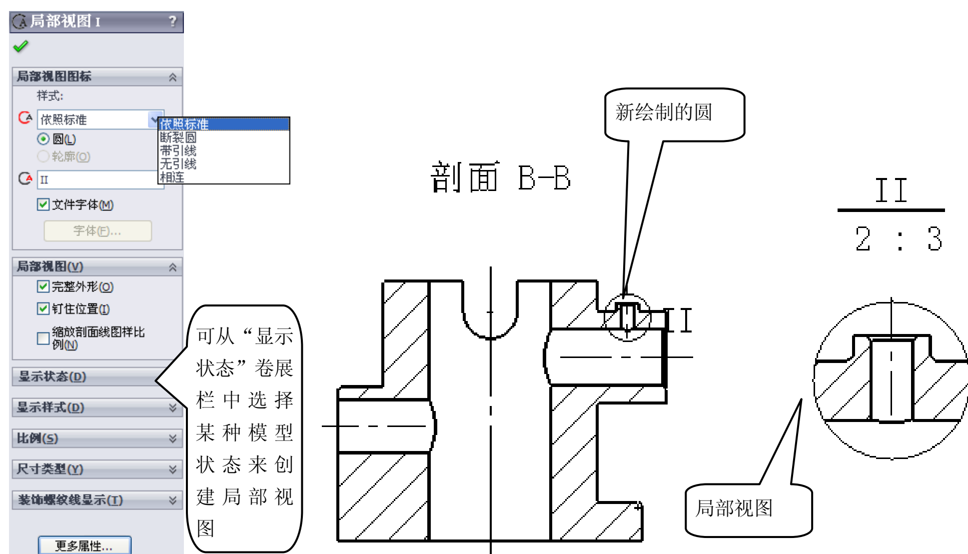


图 7-32 创建“局部视图”

下面解释一下“局部视图”属性管理器中（如图 7-32 左图所示）部分选项的作用：

➢ “样式”下拉列表：用于设置主视图上剖切轮廓线的显示样式，如图 7-33 所示。

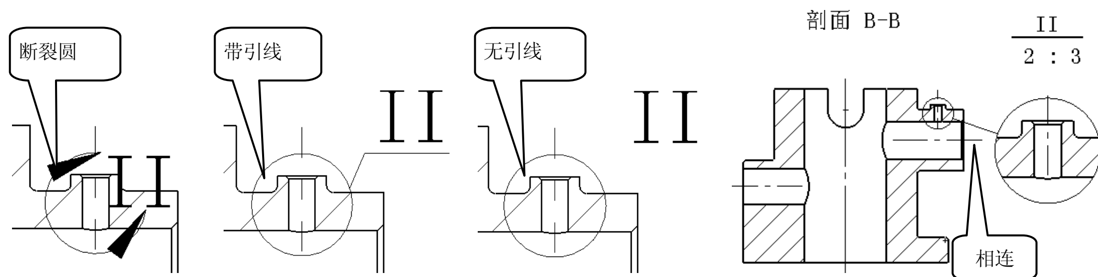


图 7-33 “样式”下拉列表的作用

➢ “轮廓”单选钮：可使用样条线或其他曲线提前绘制一闭合的区域作为局部视图的放大范围，选中此轮廓后单击“局部视图”按钮，可生成“轮廓”范围规定的局部视图，如图 7-34 左图所示。

➢ “完整外形”复选框：选中后将在“局部视图”中显示完整的放大范围，否则只显示



必要的放大范围，如图7-34右图所示。

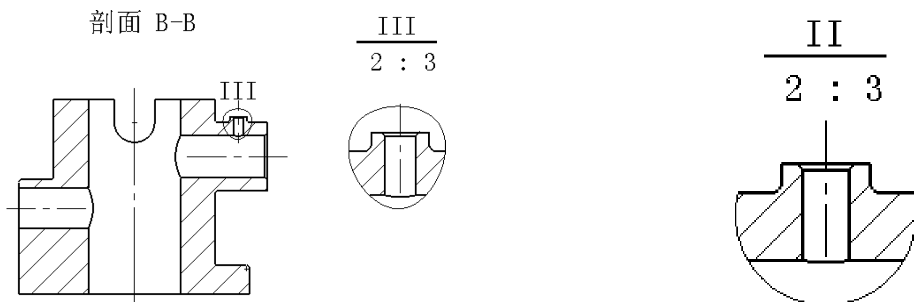


图 7-34 “轮廓”局部视图和“完整外形”复选框的作用

- “钉住位置”复选框：选择此复选框后，可在更改视图比例时将局部视图保留在工程图的相对位置上。
- “缩放剖面线图样比例”复选框：选择此复选框后，将在局部视图中同时放大显示剖面线，否则将根据视图原剖面线的比例来重新填充剖面线。

7.2.7 断开的剖视图

“断开的剖视图”为现有视图（如标准视图或投影视图）的一部分，是指用剖切平面局部地剖开模型所得的视图。“断开的剖视图”用剖视的部分表达机件的内部结构，不剖的部分表达机件的外部形状。

单击“工程图”工具栏中的“断开的剖视图”按钮，在视图上需要剖视的部分绘制闭合样条曲线，然后设置剖切深度（或选择要切割到的实体），单击“确定”按钮即可创建“断开的剖视图”，如图 7-35 所示。

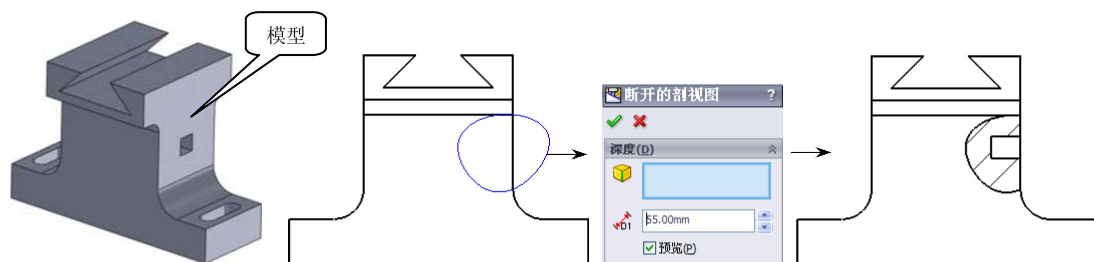


图 7-35 创建工程图的模型和“断开的剖视图”的创建过程

7.2.8 断裂视图

当零件很长，在一张图纸上无法对其进行完整表述时，可以创建带有多个边界的压缩视图，这种视图就是“断裂视图”。

单击“工程图”工具栏中的“断裂视图”按钮，然后选择用于创建断裂视图的视图，并设置两条断裂线的放置位置，单击“确定”按钮，即可创建断裂视图，如图 7-36 所示。



图 7-36 “断裂视图”的创建



> 在“断裂视图”属性管理器中可以设置视图断裂的方向、缝隙大小和折断线的样式，其功能和意义都较易理解，此处不再赘述。

7.2.9 剪裁视图

可将标准视图和投影视图等进行剪裁，以简化视图的表达，使视图看起来更加清晰明了，而没有多余的部分。

下面看一个创建裁剪视图的操作实例，步骤如下：

STEP 1 打开本书提供的图纸文件“7-2-9-剪裁视图（素材）.SLDPRT”，如图 7-37 右图所示（其对应的素材文件如图 7-37 左图所示），此工程图已经创建好了一个标准视图、一个投影视图和一个辅助视图，由于投影视图和局部视图边线较乱，下面将对其进行剪裁。

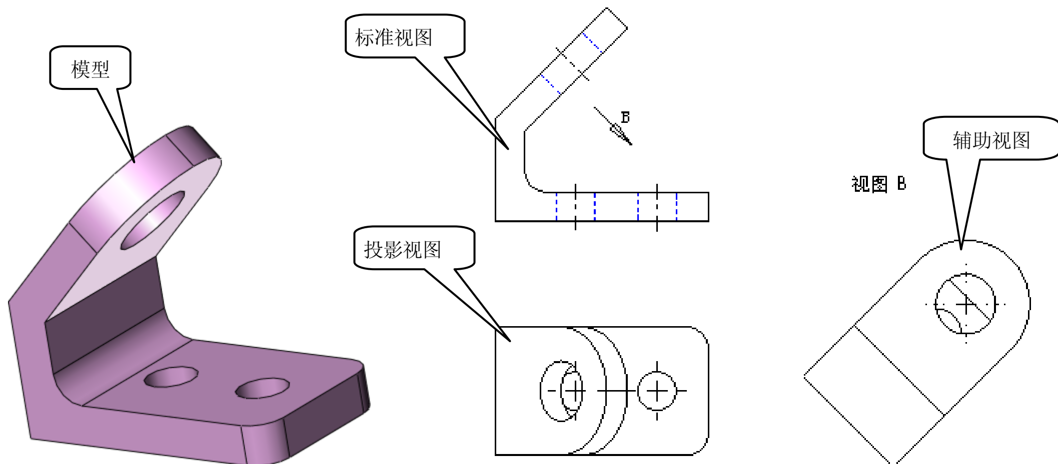


图 7-37 素材文件和初步创建的工程图

STEP 2 使用样条曲线在投影视图中创建如图 7-38 左图所示的闭合曲线，再在辅助视图中使用直线创建如图 7-38 右图所示的闭合线框。

STEP 3 选中投影视图上的样条曲线，单击“工程图”工具栏的“裁剪视图”按钮，完成对此视图的裁剪，效果如图 7-39 左图所示，使用同样操作对辅助视图进行裁剪，效果如

图 7-39 中图所示。

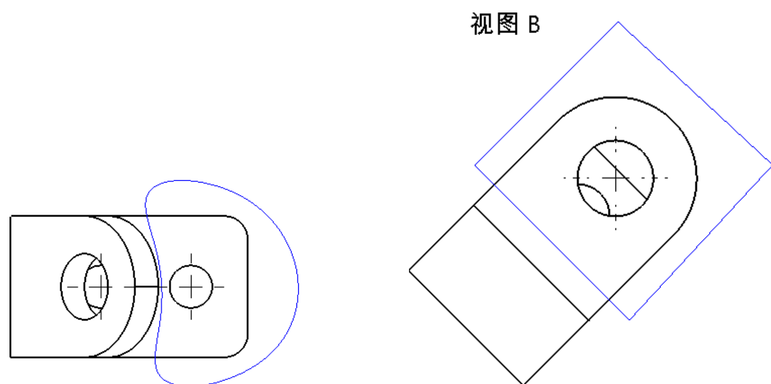


图 7-38　创建剪裁边线

STEP 4 最后右击辅助视图圆孔内的边线，单击“显示/隐藏边线”按钮，将边线隐藏即可，最终效果如图 7-39 右图所示。

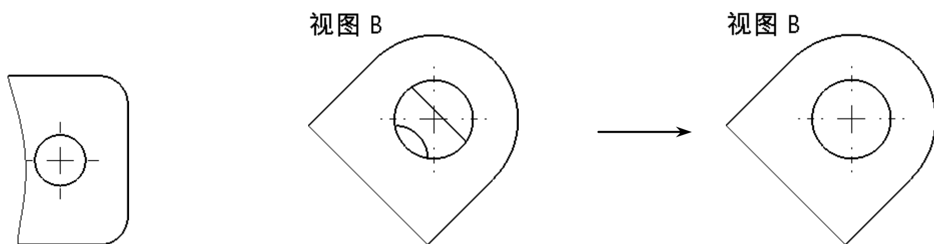


图 7-39　创建“剪裁视图”并隐藏不必要的边线



右击剪裁后的视图，选择“剪裁视图”>“移除剪裁视图”菜单，可恢复原视图。

7.2.10 交替位置视图

使用“交替位置视图”可以幻影线的方式将一个视图叠加于另一个视图之上，主要用于标识装配体的运动范围，如图 7-40 所示。

打开一个装配体的工程图，单击“工程图”工具栏的“交替位置视图”按钮，打开“交替位置视图”属性管理器，如图 7-40 中图所示，选择“新配置”单选钮，单击“确定”按钮，将进入工程图的装配模式，在装配模式中移动模型的某个组成部分，完成后回到工程图模式，即可创建交替位置的视图。



在创建过“交替位置视图”后，其属性管理器中的“现有配置”单选钮可用，选中后可将已创建的“交替位置视图”添加到当前视图上（此时不会进入装配模式）。

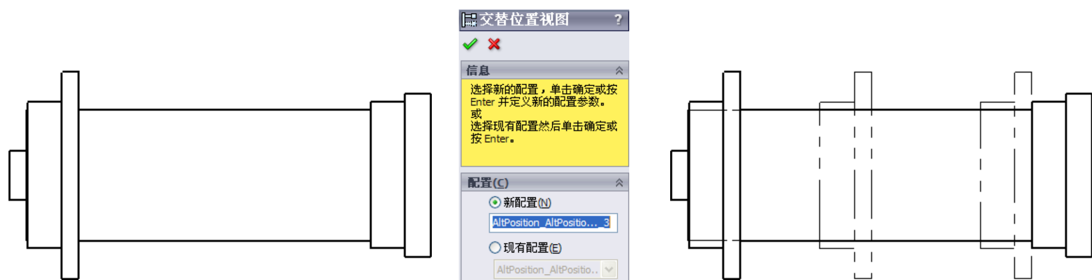


图 7-40 创建“交替位置视图”

实例精讲——绘制“三爪卡盘”工程图

本实例将讲解使用 SolidWorks 设计三爪卡盘工程图的操作，如图 7-41 所示为三爪卡盘的零件装配图。在设计的过程中将主要用到 SolidWorks 中，编辑视图边线、更新视图、移动视图、对齐视图、旋转视图和隐藏/显示视图等操作。

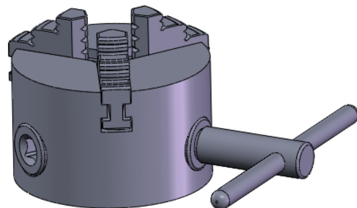


图 7-41 本节设计的三爪卡盘

【制作分析】

本节主要设计三爪卡盘中结构较为复杂的外壳的工程图，如图 7-42 所示。在设计的过程中，将首选创建外壳的几个主要视图，然后创建特殊位置的剖面视图和旋转剖视图，然后对视图添加新颖的标注和技术要求即可。

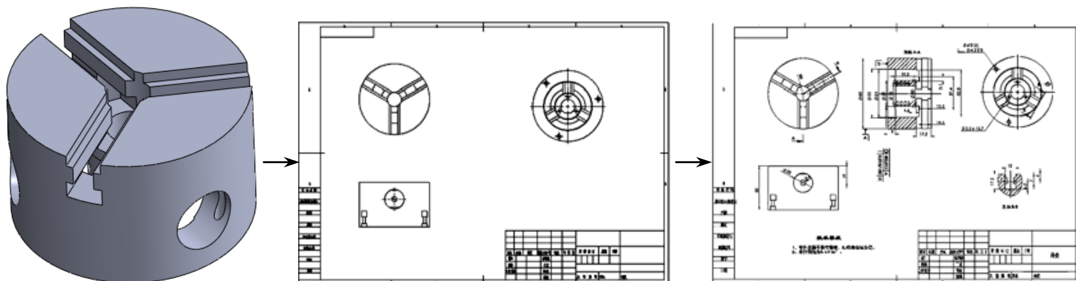


图 7-42 设计“三爪卡盘”壳体工程图的主要操作过程

【制作步骤】

STEP 1 新建“工程图”文件，首先在系统自动打开的“视图效果”属性管理器中单击“取消”按钮，然后右击图纸空白处，选择“属性”命令，在打开的“图纸属性”对话框中设置图纸的大小为“A3（GB）”，然后，单击“工程图”工具栏中的“模型视图”按钮，选择本书提供的素材文件“外壳.sldprt”为要创建工程图的零件。

STEP 2 图纸比例保持系统默认设置，图纸方向设置为“右视”，在图纸绘制区中单击，创建此方向的标准视图，如图 7-43 所示。

STEP 3 单击“视图”工具栏中的“旋转视图”按钮，在打开的“旋转工程视图”对话框中设置视图旋转的角度为 90°，单击“应用”按钮旋转视图，如图 7-44 所示。

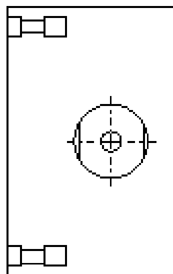
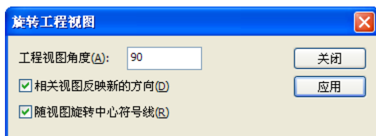


图 7-43　创建模型视图



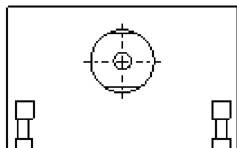
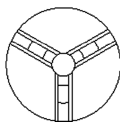
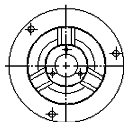


图 7-44　“旋转工程视图”对话框和视图旋转效果

STEP 4 单击“工程图”工具栏中的“投影视图”按钮，选择步骤 3 旋转了的标准视图，向上拖动并单击，创建一个投影试图，然后向下拖动，再按住〈Ctrl〉键拖动，在右侧单击创建此方向上的投影视图，如图 7-45 所示。





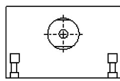
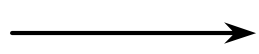
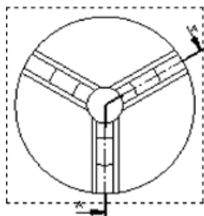


图 7-45　创建投影视图效果

STEP 5 单击“剖面视图”按钮，在打开的“剖面视图”对话框中单击“对齐”按钮，如图 7-46 左图所示，然后在顶部视图中首先单击一点确定旋转剖切的交点，然后单击两点确定两条剖切线的位置，然后向右侧拖动绘制旋转剖视图，如图 7-46 右图所示。







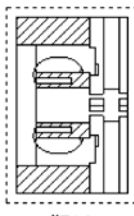
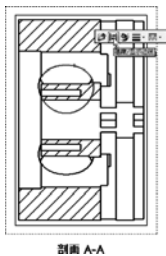
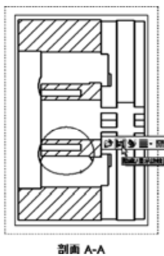


图 7-46　创建“旋转剖视图”操作

STEP 6 单击步骤 5 创建的剖视图内部的某些边线，在弹出的工具栏中单击“隐藏/显示边线”按钮，将几个杂乱的边线隐藏，如图 7-47 所示。









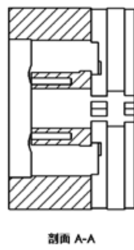


图 7-47　隐藏视图边线操作

STEP 7 在如图 7-48 左图所示的视图中绘制直线（并定义到相关线的几何关系），然后单击“剖面视图”按钮，按住〈Ctrl〉键拖动，在适当位置单击创建局部剖切视图，如图 7-48 所示（注意调整视图方向）。

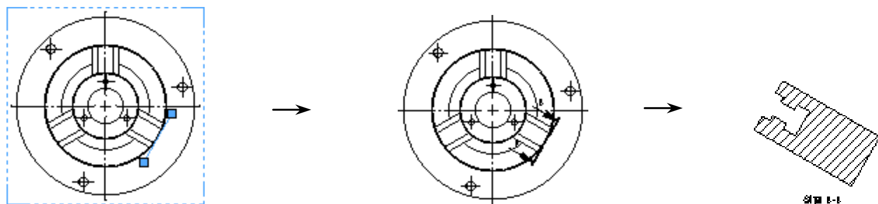


图 7-48 创建局部剖切视图操作

STEP 8 选择局部剖切视图的上侧的一个长的边线，然后选择“工具”>“对齐工程图视图”>“竖直边线”菜单，将视图方向调正，如图 7-49 所示。

STEP 9 单击“样条曲线”按钮，绘制一闭合的样条曲线，如图 7-50 左图所示，然后单击“剪裁视图”按钮，将视图剪裁为如图 7-50 右图所示样式。

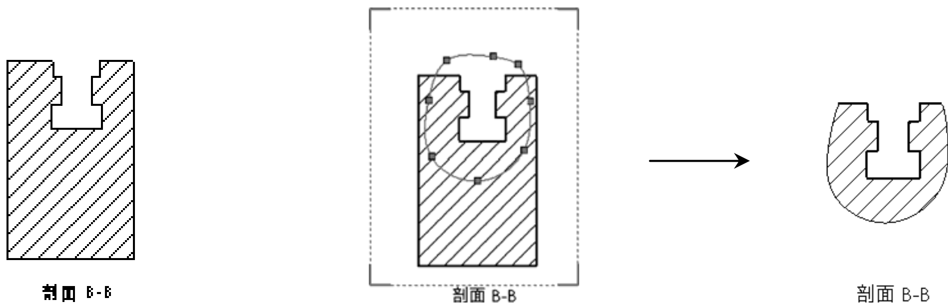


图 7-49 对齐视图操作效果

图 7-50 剪裁视图操作

STEP 10 单击“注解”工具栏的“智能尺寸”按钮、“孔”按钮和“中心线”按钮等，为视图添加相应的标注，效果如图 7-51 所示（同草图中的操作，详见 7.4 节中的讲述）。

STEP 11 单击“注解”工具栏中的“基准特征”按钮，设置基准标号分别为 A 和 D，并在如图 7-52 所示位置分别单击，添加参考基准（详见 7.4 节中的讲述）。

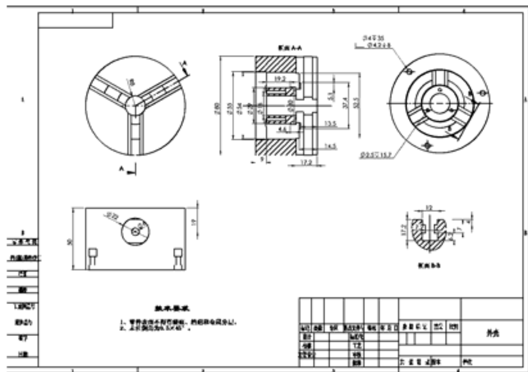


图 7-51 添加尺寸标注效果

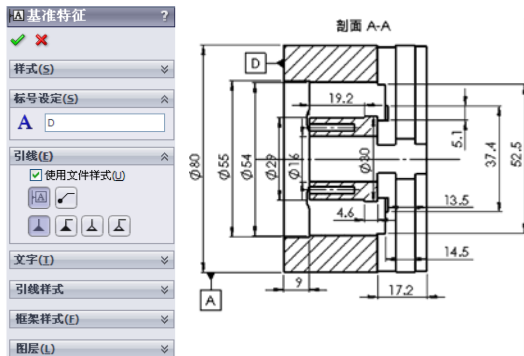


图 7-52 添加基准特征操作

STEP 12 单击“注解”工具栏中的“形位公差”按钮，打开其“属性”管理器，如图 7-53 所示，并按图中所示输入公差数据，再在如图所示位置添加形位公差标注信息即可，如图 7-53 右图所示（详见 7.4 节中的讲述）。

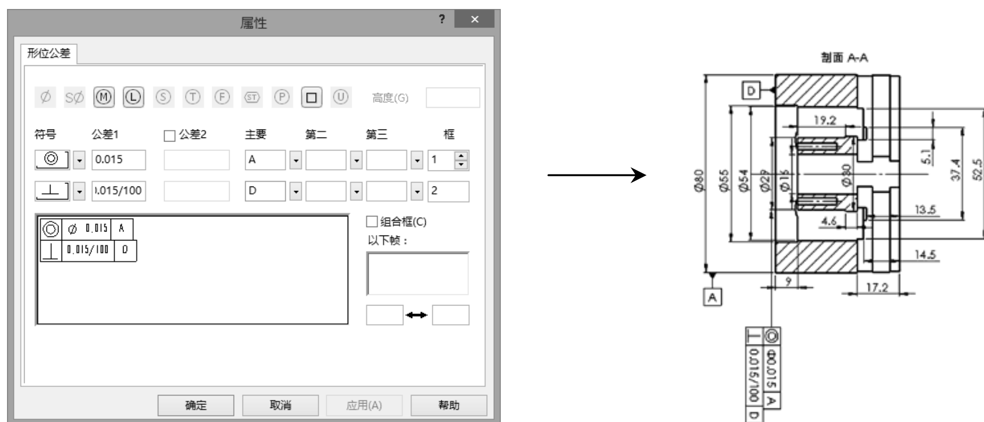


图 7-53　添加“形位公差”操作和添加效果

7.3　编辑视图

视图创建完成后，可以对其进行操作和编辑，例如编辑视图边线、移动视图、对齐视图、旋转视图和隐藏/显示视图等。

7.3.1 编辑视图边线

新创建的视图，其边线并不一定符合设计的要求，如有些边线可能妨碍对模型的描述，此时可以右击需要隐藏的边线，选择“隐藏/显示边线”按钮将其隐藏，如图 7-54 所示。

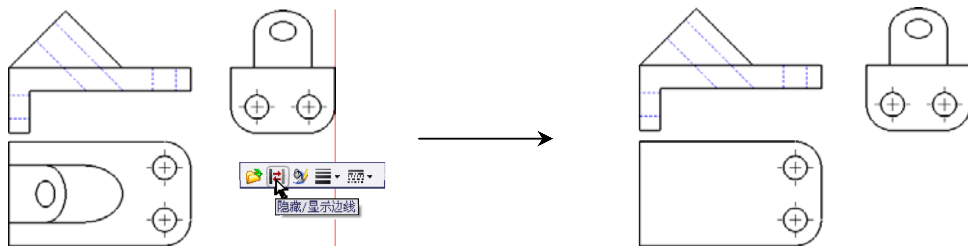


图 7-54　隐藏边线的操作



提示

右击视图，然后单击“隐藏/显示边线”按钮，打开“隐藏/显示边线”对话框，取消被隐藏边线的选中状态，单击“确定”按钮，可将隐藏的边线显示出来。

另外当设置工程图的“显示样式”为“隐藏线可见”时，模型默认显示切边的边线，此时可以右击视图选择“切边”>“切边不可见”菜单，将切边隐藏，如图 7-55 所示。

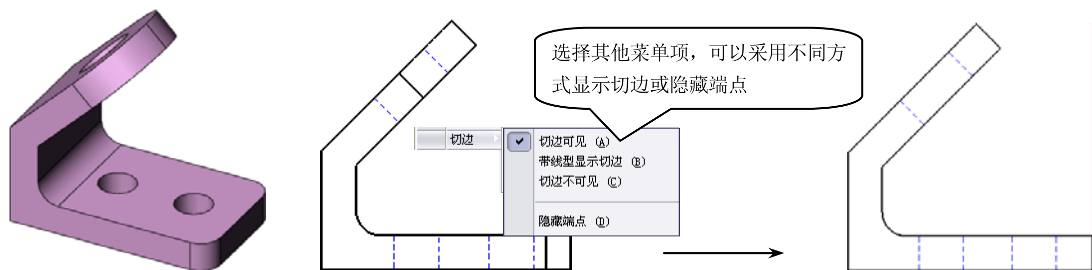


图 7-55　隐藏切边操作

右击视图选择“零部件线型”菜单，打开“零部件线型”对话框，可在此对话框中设置工程图各部分的线型和线宽等，如图 7-56 左图所示。此外在左侧模型树中，右击草绘图形，选择“显示”菜单可将草绘图形在当前视图中显示出来，如图 7-56 右图所示。

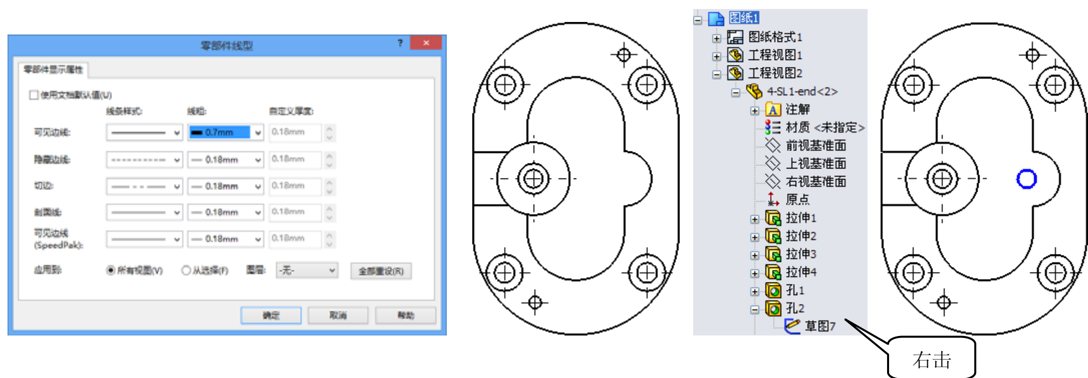


图 7-56　“零部件线性”对话框和显示草图操作

7.3.2　更新视图

模型被修改后，工程图需要随之更新，否则会输出错误的工程图。可以设置视图“自动更新”，也可以手动更新视图。

右击左侧模型树顶部的工程图图标，在弹出的快捷菜单中选择“自动更新视图”菜单项，如图 7-57 所示，可设置工程图根据模型变化自动更新。

选择“编辑”>“重建模型”菜单，或单击“标准”工具栏中的“重建模型”按钮，可手工更新视图。

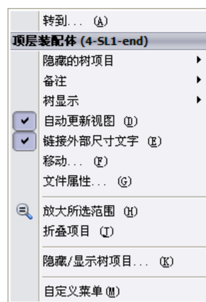


图 7-57　右击工程图图标出现的菜单

7.3.3　移动视图

可以直接在绘图区中将鼠标移至一个视图边界上，按住鼠标左键拖动来移动视图。在移动过程中如系统自动添加了对齐关系，将只能沿着对齐线移动视图，如图 7-58 左图所示。可右击视图选择“视图对齐”>“解除对齐关系”菜单解除模型间的对齐约束，此时即可随意移动模型了，如图 7-58 右图所示。



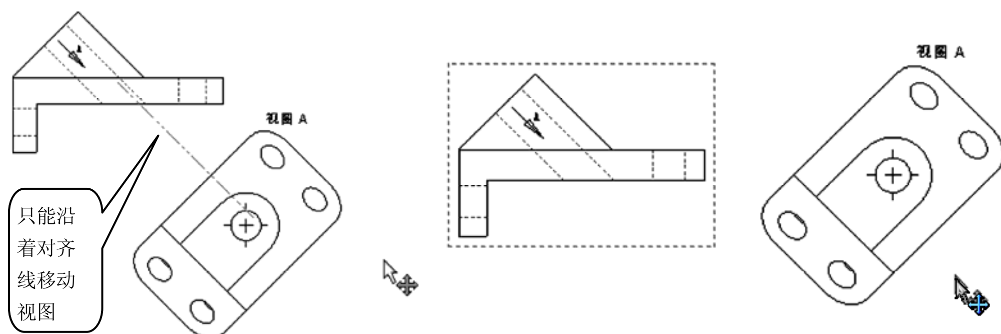


图 7-58 “移动视图”操作

右击左侧模型树顶部的工程图图标，在弹出的快捷菜单中选择“移动”菜单，打开“移动工程图”对话框，如图 7-59 所示，然后输入工程图在 X 方向和 Y 方向上的移动距离，单击“应用”按钮，可整体移动工程图。

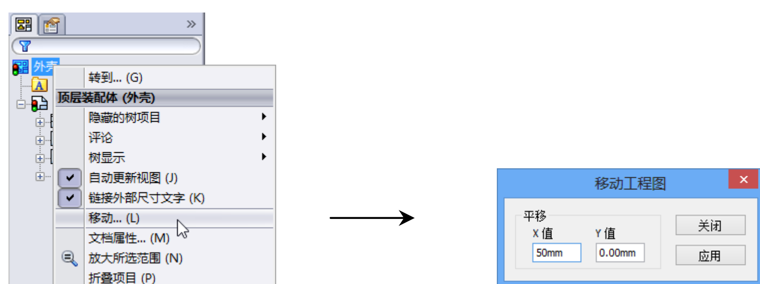


图 7-59 整体“移动工程图”操作

7.3.4 对齐视图

可选择“工具”>“对齐工程图视图”菜单下的菜单项（图 7-60 左图）来对齐视图，如选择“水平对齐另一视图”菜单项，可将两个视图水平对齐，如图 7-60 右图所示。

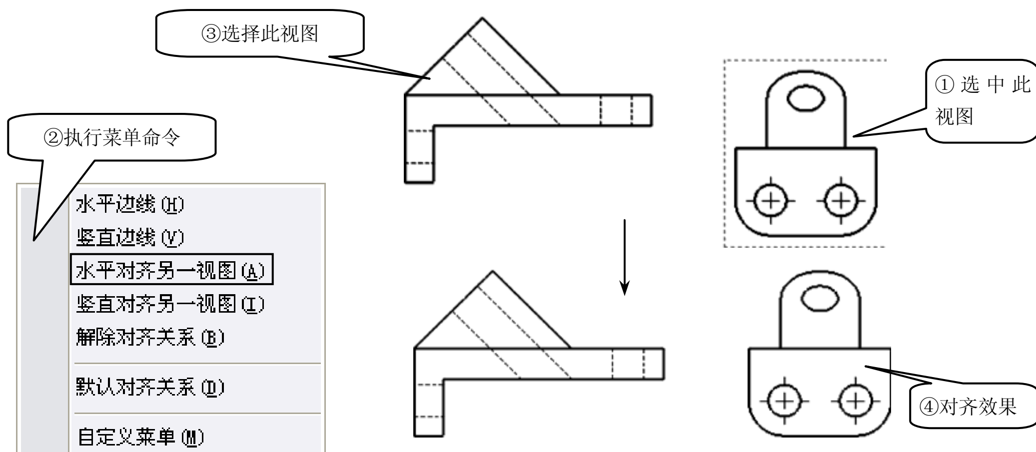


图 7-60 “对齐视图”操作

如图 7-60 左图所示，如选择“水平边线”或“竖直边线”菜单项，可以令视图以自身的某条边线为基准，进行水平对齐或竖直对齐，如图 7-61 所示。另外选择“解除对齐关系”菜单项可解除设置的对齐关系，选择“默认对齐关系”菜单项可恢复视图的默认对齐关系。

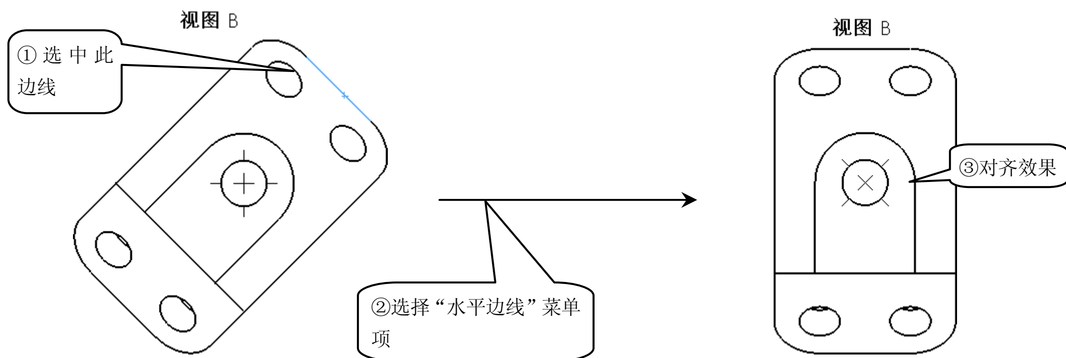


图 7-61 “水平边线”对齐操作

7.3.5 旋转视图

可单击“视图”工具栏中的“旋转视图”按钮，或右击工程图后选择“缩放/平移/旋转”>“旋转视图”菜单，打开“旋转工程视图”对话框，设置好视图旋转的角度，单击“应用”按钮，即可旋转视图，如图 7-62 左图和中图所示。

在“旋转工程视图”对话框中，选择“相关视图反映新的方向”复选框可令与此视图相关的视图（如“投影视图”）同时更新；选择“随视图旋转中心符号线”复选框，将在旋转视图的同时，旋转中心符号线，否则不旋转中心符号线，如图 7-62 右图所示。

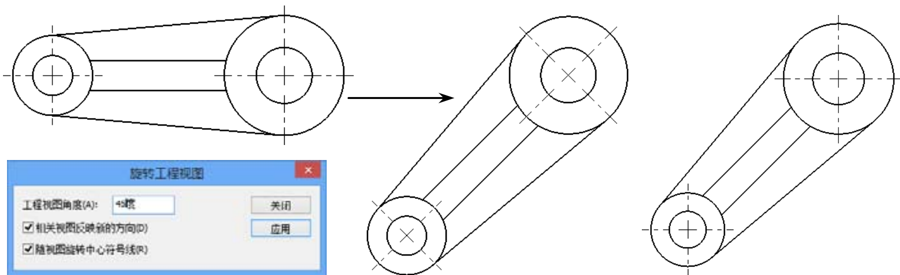


图 7-62 “旋转视图”操作



> 右击视图，然后选择快捷菜单中的“视图对齐”>“默认旋转”菜单项，可恢复视图旋转前的状态。

7.3.6 隐藏/显示视图

建立工程图视图后，可以隐藏一个或多个视图，也可以将隐藏的视图显示。右键单击需要被隐藏的视图，在弹出的快捷菜单中选择“隐藏”菜单项，则可以隐藏所选视图；右击视

图，然后在弹出的快捷菜单中选择“显示”菜单项，则可恢复视图的显示。

选择菜单栏的“视图”>“被隐藏视图”菜单，将在图纸上以☒符号来显示被隐藏视图的边界，如图 7-63 所示。

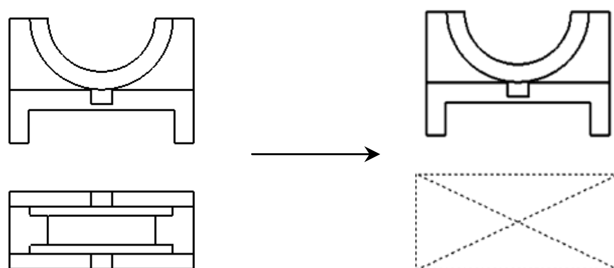


图 7-63 隐藏视图

实例精讲——绘制“泵盖”工程图

下面绘制一个“泵盖”工程图（如图 7-64 右图所示，左侧为泵盖模型图），以熟悉前面所学习的创建和编辑视图等知识。

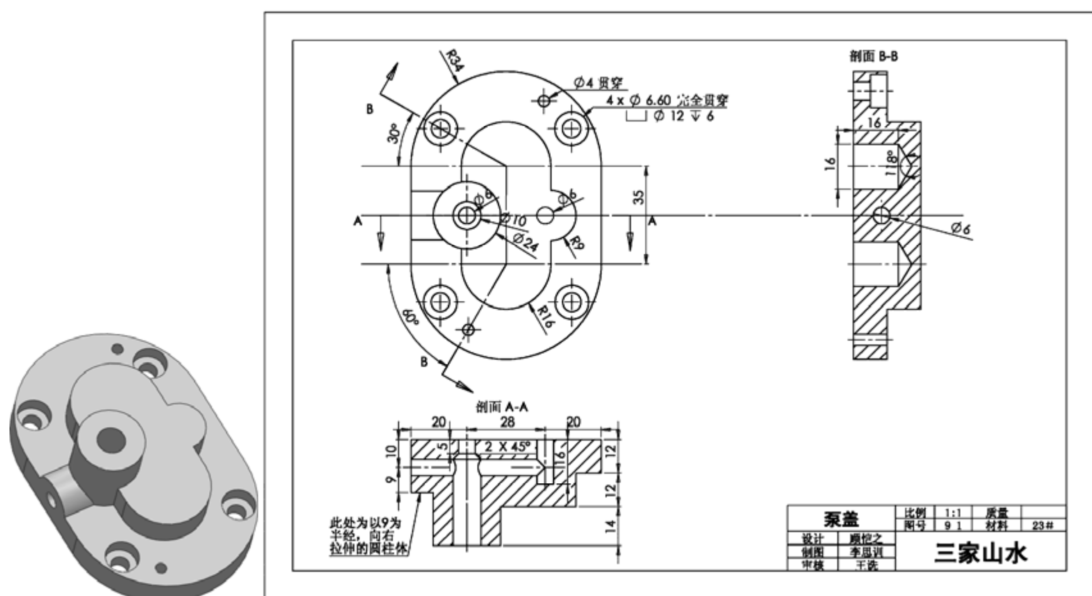


图 7-64 “泵盖”模型和要创建的“泵盖”工程图

【制作分析】

本实例主要创建三个视图——“标准视图”“剖面视图”和“旋转剖视图”（其中“旋转剖视图”的创建是难点也是重点，应领会其设计思路），并在创建完成后对视图进行适当的调整，如执行对齐视图和隐藏视图边线等操作，以符合制图规范。

【制作步骤】

STEP 1 选择“文件”>“新建”菜单，打开“新建 SolidWorks 文件”对话框，如图 7-65 所示，单击“工程图”按钮，再单击“确定”按钮，系统自动打开“模型视图”属性管理器，单击“取消”按钮，不立即创建工程图。

STEP 2 右击“图纸空白处”，选择“属性”菜单项，打开“图纸属性”对话框，如图 7-66 所示，单击“自定义图纸大小”单选钮，并设置图纸的“宽度”和“长度”分别为 297mm 和 210mm，单击“确定”按钮使用自定义的图纸大小。

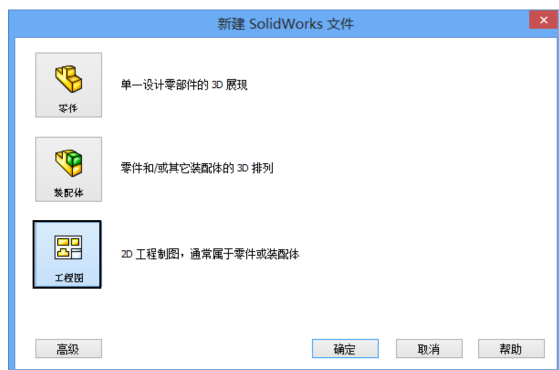


图 7-65 新建工程图操作



图 7-66 新建工程图操作

STEP 3 单击“工程图”工具栏中的“模型视图”按钮，打开“模型视图”属性管理器，如图 7-67 左图所示，单击“浏览”按钮，选择本书提供的素材文件“7-泵盖（SC）.SLDPRT”，并设置视图比例为 1∶1，如图 7-67 中图所示，在绘图区中单击，完成标准视图的创建，如图 7-67 右图所示。



图 7-67 创建标准视图操作

STEP 4 展开左侧的模型树，如图 7-68 左图所示，右击模型底部圆孔的草绘图形，在弹出的快捷菜单中选择“显示”菜单项，将此草绘图形显示在标准视图中，然后捕捉此圆和其圆心，绘制大小相同的圆，并设置新绘制的圆位于虚线层，再将显示出来的圆隐藏即可，如图 7-68 右图所示。

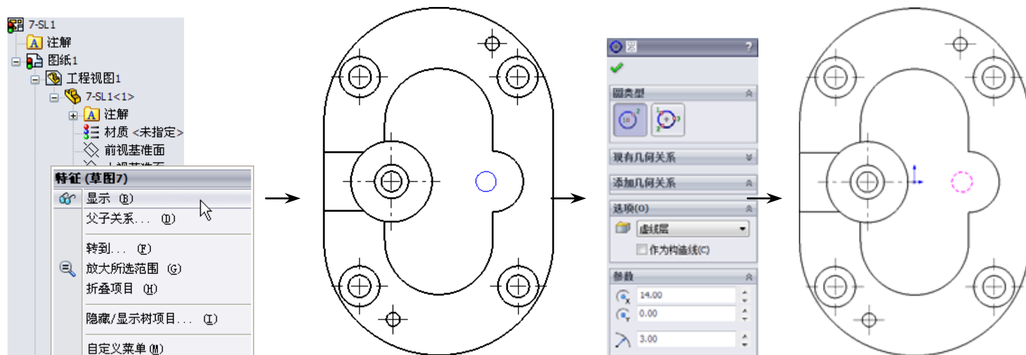


图 7-68　显示草绘图形并绘制圆操作

STEP 5 单击“工程图”工具栏的“剖面视图”按钮，在绘图区的标准视图上绘制一条经过模型中心的横向剖面线，打开“剖面视图”属性管理器，如图 7-69 左图所示，再向下拖动创建一剖面视图，如图 7-69 右图所示。

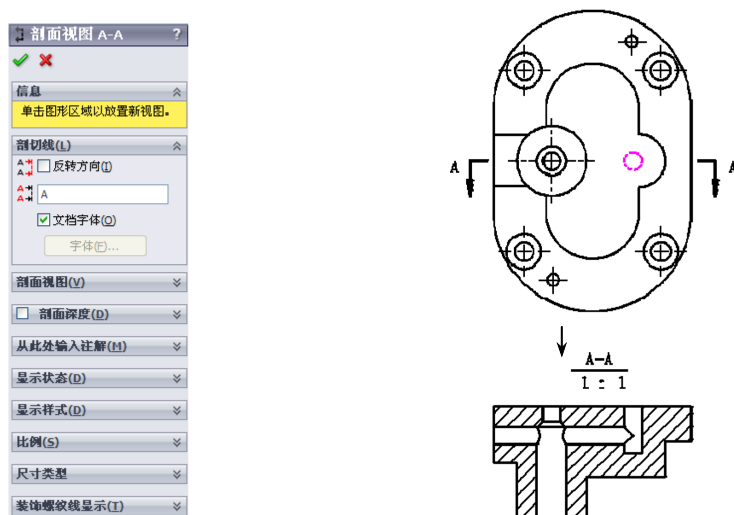


图 7-69　创建“剖面视图”操作

STEP 6 单击“草图”工具栏的“点”按钮，在如图 7-70 左图所示的 4 个位置绘制 4 个点，然后单击“直线”按钮，再绘制一条经过这四个点的直线（可先任意绘制直线，然后通过添加几何约束完成此直线的绘制），如图 7-70 右图所示。

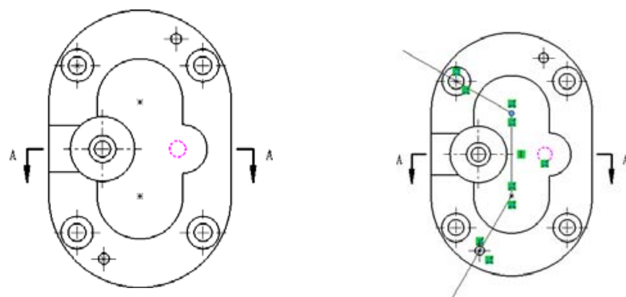


图 7-70　创建“剖面线”操作

STEP 7 选中步骤 6 绘制的直线，单击“工程图”工具栏的“剖面视图”按钮，打开“剖面视图”属性管理器，如图 7-71 左图所示，按住〈Ctrl〉键拖动鼠标，根据需要适当选择“反转方向”复选框，单击鼠标左键创建一旋转剖视图，如图 7-71 中图所示。

STEP 8 选择新创建的旋转剖视图的底部边线，再选择“工具”>“对齐工程图视图”>“水平边线”菜单，令旋转剖视图水平对齐，如图 7-71 右图所示。

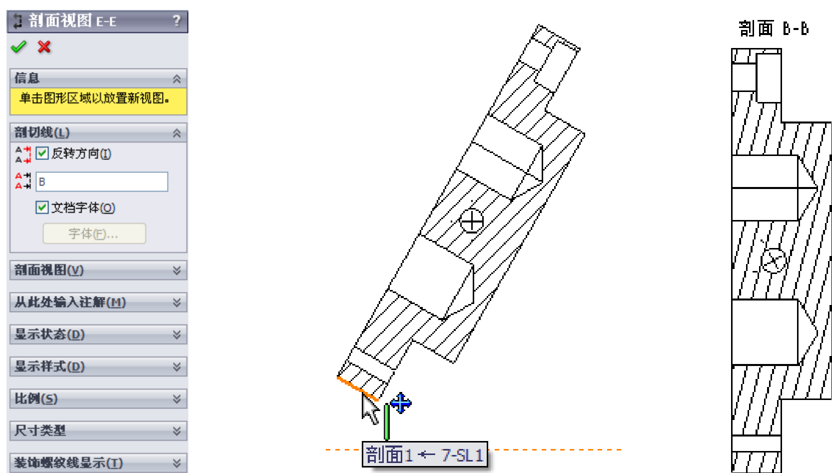


图 7-71 创建“旋转剖视图”并执行对齐操作

STEP 9 选中旋转剖视图中间圆的“中心符号线”，在打开的“中心符号线”属性管理器中将其旋转角度调整为 30°，如图 7-72 左图和中图所示，然后右击旋转剖视图中上部圆孔的中心线，选择“隐藏边线”菜单项将其隐藏，效果如图 7-72 右图所示。

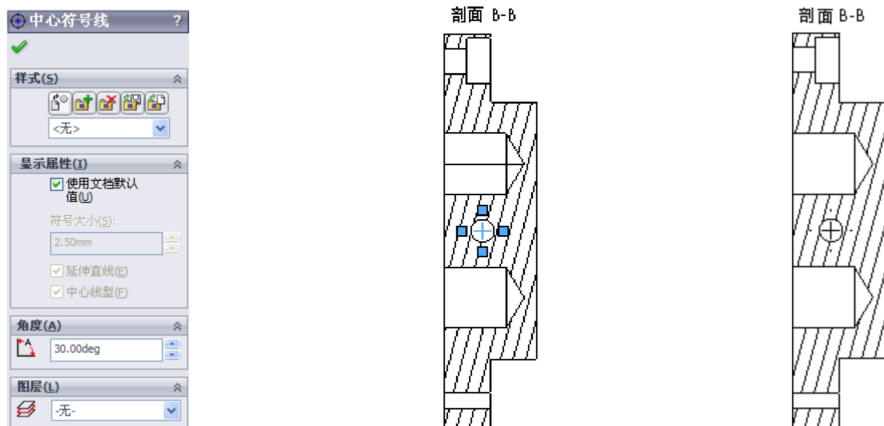


图 7-72 调整中心参考线的方向并隐藏不需要的边线

STEP 10 经过“标准视图”上部圆的圆心，绘制一条水平中心线，然后移动旋转剖视图，令其上部圆的顶点大概经过中心线（此处无法进行对齐操作），如图 7-73 所示，调整完毕后将中心线删除即可，最终效果如图 7-73 右图所示。

STEP 11 单击“注解”工具栏中的“中心线”按钮，单击边线，或选中整个视图的方式

生成中心线，个别位置可通过手工绘制线的方式绘制中心线，效果如图 7-74 所示。

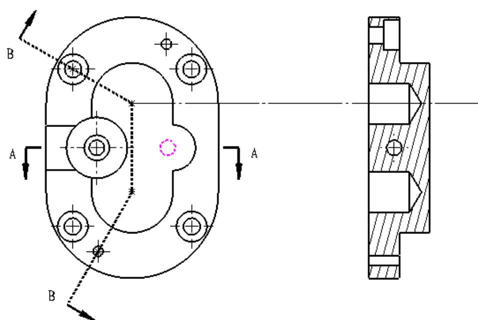


图 7-73 对齐视图操作

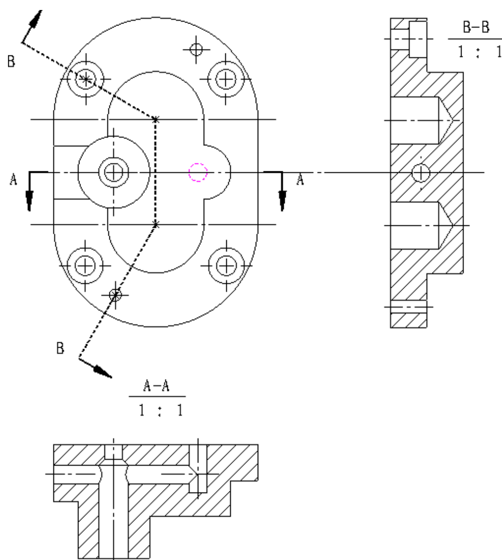


图 7-74 绘制中心线效果

STEP 12 单击“注释”工具栏中的“智能尺寸”按钮，按照图 7-75 所示为视图添加尺寸标注（注意按照工程图显示需要，灵活设置标注的引线样式）。

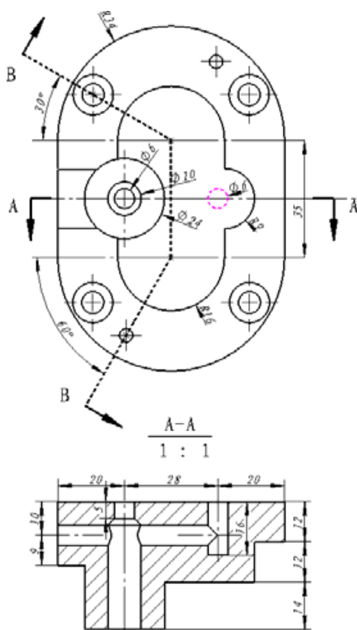
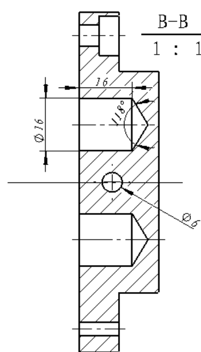



图 7-75 使用“智能尺寸”进行标注

STEP 13 单击“注释”工具栏中的“智能尺寸”下拉列表的“倒角尺寸”按钮，顺序单击“剖面 A-A”竖孔上侧倒角位置的两条边线，拖动鼠标并单击创建此处的倒角尺寸，如

图 7-76 左图所示。

STEP 14 单击“注释”工具栏中的“注释”按钮A，首先选择如图 7-76 左图所示的边线，然后输入文字内容，添加文字注释。

STEP 15 单击“注释”工具栏中的“孔标注”按钮⌴Ø，分别单击标准视图上侧的两个孔，并进行拖动添加孔标注，如图 7-76 右图所示。

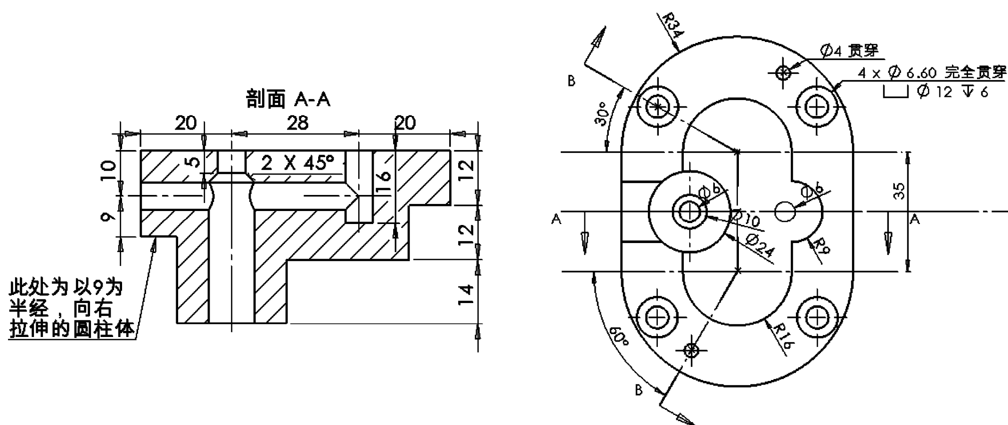


图 7-76 标注孔、倒角和文字注释

STEP 16 首先以当前视图显示的边界为依据，单击“边角矩形”按钮创建一与此边界大小相同的边框，并设置位置约束为“固定”，然后单击“等距实体”按钮，向内创建一距离此边框为 10 的内边框。

STEP 17 单击“注释”工具栏中的“总表”按钮，插入一表格，将其移动到视图的右下角，再为其添加文字，如图 7-77 所示，完成工程图的标注工作。

泵盖		比例	1:1	质量	
		图号	9-1	材料	23#
设计	顾恺之	应天设计			
制图	李思训				
审核	王诜				

图 7-77 创建图框和标题栏

7.4 标注工程图

标注是工程图的第二大组成要素，由尺寸、公差和表面粗糙度等组成，用来向工程人员提供详细的尺寸信息和关键技术指标。

7.4.1 尺寸标注

视图的尺寸标注和“草图”模式中的尺寸标注方法类似，只是在视图中不可以对物体的实际尺寸进行更改。

在视图中，即可以由系统根据已有约束自动地标注尺寸，也可以由用户根据需要手动标注尺寸。

单击“注解”工具栏的“模型项目”按钮或选择“插入”>“模型项目”菜单，打开“模型项目”属性管理器，如图 7-78 左图所示，将来源设置为“整个模型”，并选中“为工程图标注”按钮，单击“确定”按钮即可自动标注尺寸，如图 7-78 中图所示，然后再对自动标



注的尺寸进行适当调整即可，如图 7-78 右图所示。

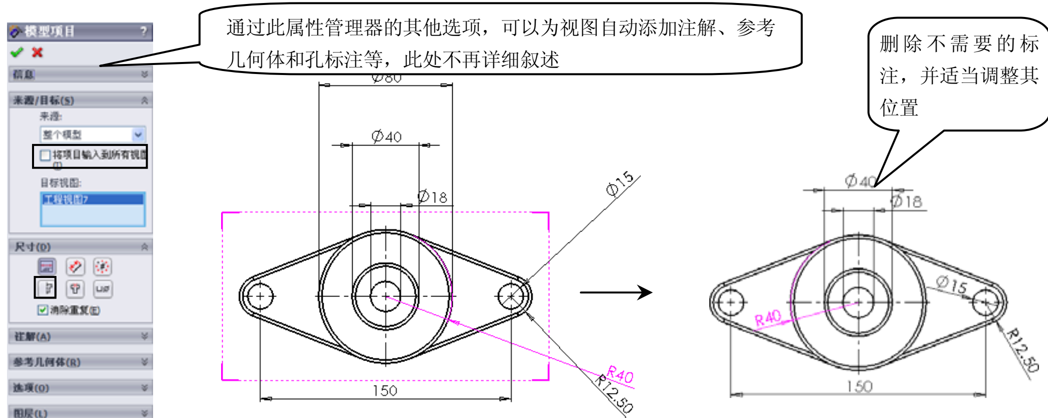


图 7-78　自动标注工程图操作

单击"尺寸/几何关系"工具栏中的相应按钮，可以手动为模型标注尺寸，其中"智能尺寸"按钮较常用，可以完成竖直、平行、弧度、直径等尺寸标注，如图 7-79 所示（其使用方法可参考前面"草图"模式的尺寸标注）。

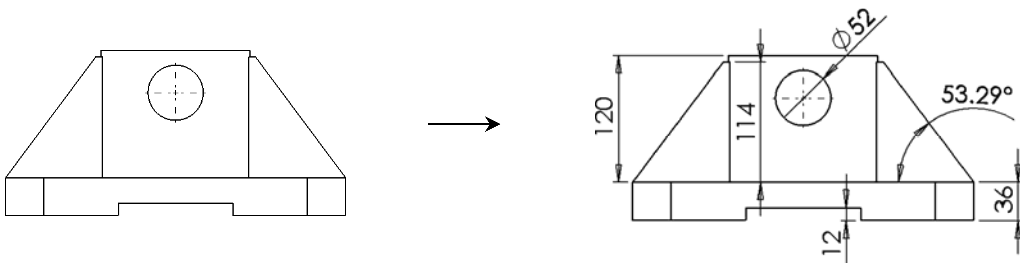


图 7-79　手动标注工程图操作

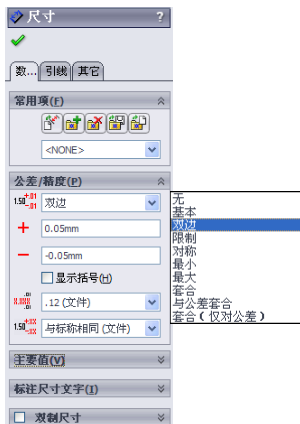
7.4.2 尺寸公差

模型加工后的尺寸值不可能精确得与理论数值完全相等，通常允许在一定的范围内浮动，这个浮动的值即是所谓的尺寸公差。

选择一尺寸标注，在右侧将显示"尺寸"属性管理器，如图 7-80 左图所示，在此管理器的"公差/精度"卷展栏的"公差类型"下拉列表中选择一公差类型，如选择"双边"项，然后设置"最大变量"和"最小变量"的值（即设置模型此处的上下可变化范围），单击"确定"按钮即可设置尺寸公差，如图 7-80 右图所示。

下面解释一下"尺寸"属性管理器中各个卷展栏的作用：

- "常用项"卷展栏：用于定义尺寸样式并进行管理，如单击按钮可将默认属性应用到所选尺寸，单击按钮可添加和更新常用类型的尺寸，单击按钮可删除常用类型的尺寸。
- "公差/精度"卷展栏：可选择设置多种公差或精度样式来标注视图。



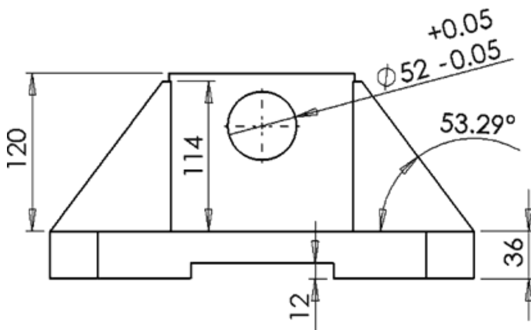


图 7-80　自动标注工程图操作



“公差/精度”卷展栏中“基本”到“最大”公差方式较易理解；“套合”“与套合公差”与“套合（仅对公差）”三个选项用于设置孔和轴的套合关系。可设置三种套合类型：间隙、过度和紧靠，在设置“间隙“时，孔公差带大于轴公差带，在设置“过度”时，孔公差带与轴公差带相互重叠，在设置“紧靠”时，孔公差带小于等于轴公差带（此处内容可参考机械制图方面的专业书籍）。

- “主要值”卷展栏：用于覆写尺寸值（图 7-81），如可选中“覆盖数值”复选框，然后输入“尺寸未定”或输入其他值。
- “双制尺寸”卷展栏：设置使用两种尺寸单位（如 mm 和 in）来标注同一对象，可选择“工具”>“选项”菜单，在打开的对话框中选择“文件属性”选项卡下的“单位”列表项来指定双制尺寸所使用的单位类型。



图 7-81　覆写尺寸值和双制尺寸

7.4.3 形位公差

形位公差包括形状公差和位置公差，机械加工后零件的实际形状或相互位置与理想几何体规定的形状或相互位置不可避免地存在差异，形状上的差异就是形状误差，而相互位置的差异就是位置误差，这类误差影响机械产品的功能，设计时应规定相应的公差并按规定的符号标注在图样上，即标注所谓的形位公差。

下面看一个标注“形位公差”的操作实例，步骤如下：

STEP 1 打开本书提供的素材文件“7-4-3-形位公差（SC）.SLDDRW”，单击“注解”工具栏的“形位公差”按钮，打开“形位公差”属性管理器，并同时打开“属性”对话框，如图 7-82 左边两个图所示，在“形位公差”属性管理器的“引线”卷展栏中选择公差的引线样式。

STEP 2 在“属性”对话框的符号下拉列表中选择“垂直”符号，在公差 1 文本框中输入公差 0.05，再在“主要”文本框中输入“A”（表示与右侧的 A 基准垂直）。

STEP 3 在视图左侧竖直边线单击，再拖动鼠标设置“形位公差”的放置位置，完成形位公差的创建操作，如图 7-82 右图所示。

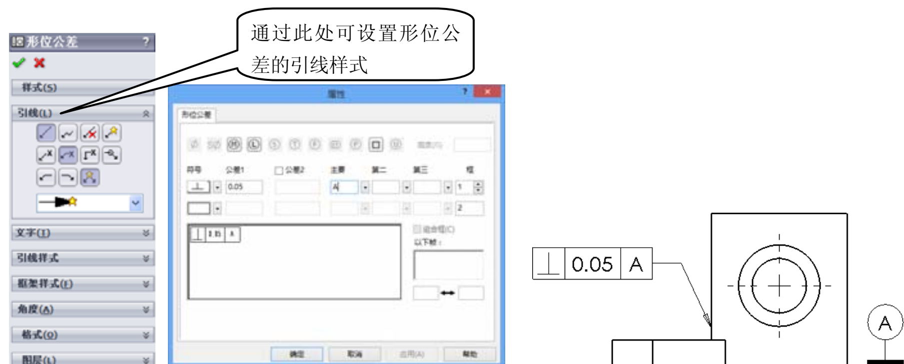


图 7-82　标注形位公差操作

下面解释一下形位公差“属性”对话框中各选项的作用，具体如下：

- “直径”按钮：当公差带为圆形或圆柱形时，可在公差值前添加此标志，如可添加此种形式的形位公差——⊥ ∅ 0.05 A。
- “球直径”按钮：当公差带为球形时，可在公差值前添加此标志。
- “最大材质条件”按钮：也被称为“最大实体要求”或“最大实体原则”，用于指出当前标注的形位公差是在被测要素处于最大实体状态下给定的，当被测要素的实际尺寸小于最大实体尺寸时，允许增大形位公差的值。
- “最小材质条件”按钮：也被称为“最小实体要求”或“最小实体原则”，用于指出当前标注的形位公差是在被测要素处于最小实体状态下给定的，当被测要素的实际尺寸大于最小实体尺寸时，形位公差的值将相应减少。
- “无论大小如何”按钮：不同于“最大材质条件”和“最小材质条件”，用于表示无论被测要素处于何种尺寸状态，形位公差的值不变。
- “相切基准面”按钮：在公差范围内，被测要素与基准相切。
- “自由状态”按钮：适用于在成型过程中，对加工硬化和热处理条件无特殊要求的产品，表示对该状态产品的力学性能不作规定。
- “统计”按钮：用于说明此处公差值为“统计公差”，用“统计公差”既能获得较好的经济性，又能保证产品的质量，是一种较为先进的公差方式。
- “投影公差”按钮：除指定位置公差外，还可以指定投影公差以使公差更加明确。如图 7-83 所示，可使用投影公差控制嵌入零件的垂直公差带（选择Ⓟ按钮后，可在右侧“高度”文本框中输入最小的投影公差带）。

➢ “符号”选项：通过此选项可设置公差符号，如可插入“直线”、“平面”、“圆形”和“圆柱形”形状公差符号，可插入“直线轮廓”和“曲面轮廓”形状和位置公差符号，可插入“平行”、“垂直”、“尖角性”、“环向跳动”、“全跳动”、“定位”、“同心”和“对称”位置公差符号。

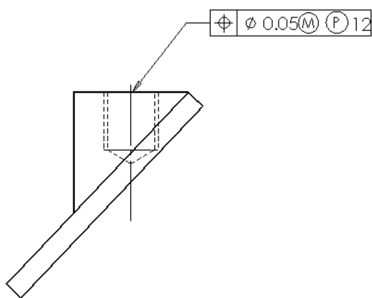


图 7-83 “投影公差”符号的使用

➢ “公差”选项：可以为公差 1 和公差 2 键入公差值。
➢ “主要”“第二”“第三”选项：用于输入“主要”“第二”和“第三”基准轴的名称（可单击“基准特征”按钮在视图中标注作为基准的特征，如图 7-84 所示）。



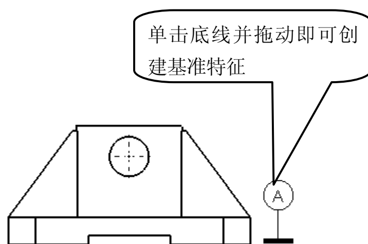


图 7-84 标注基准特征

➢ “框”选项：利用该选项可以在形位公差符号中生成额外框。
➢ “组合框”选项：利用该选项可以输入数值和材料条件符号。
➢ “介于两点间”选项：如果公差值适用于在两个点或实体之间进行测量，可在框中键入两点标号。

7.4.4 孔标注

孔标注用于指定孔的各个参数，如深度、直径和是否带有螺纹等信息。单击“注释”工具栏的“孔标注”按钮，然后在要标注孔的位置单击，系统将按照模型特征自动标注孔的直径和深度等信息，如图 7-85 所示。

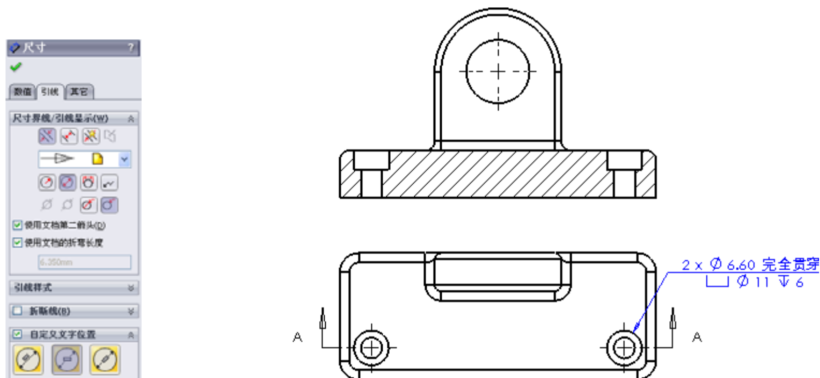


图 7-85 添加“孔标注”操作

孔标注的“尺寸”对话框可参照 7.4.3 节中的讲述进行理解，其不同点在于可以设置多种尺寸界线和引线样式，如图 7-85 左图所示。

7.4.5 表面粗糙度

模型加工后的实际表面是不平的，不平表面上最大峰值和最小峰值的间距即为模型此处的表面粗糙度，其标注值越小，表明此处要求越高，加工难度越大。

单击“注释”工具栏的“表面粗糙度符号”按钮，在打开的“表面粗糙度”属性卷展栏中输入粗糙度值，然后在要标注的模型表面单击即可标注表面粗糙度，如图 7-86 所示。

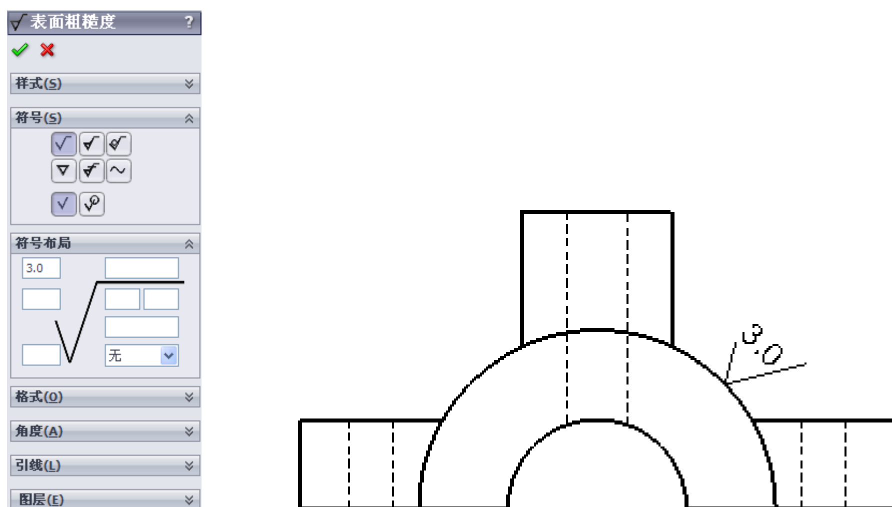


图 7-86 添加“表面粗糙度符号”操作

“表面粗糙度”属性对话框“符号”卷展栏中各按钮的作用如图 7-87 左图所示（JIS 是日本工业标准），“符号布局”卷展栏中各文本框的意义，如图 7-87 右图所示。

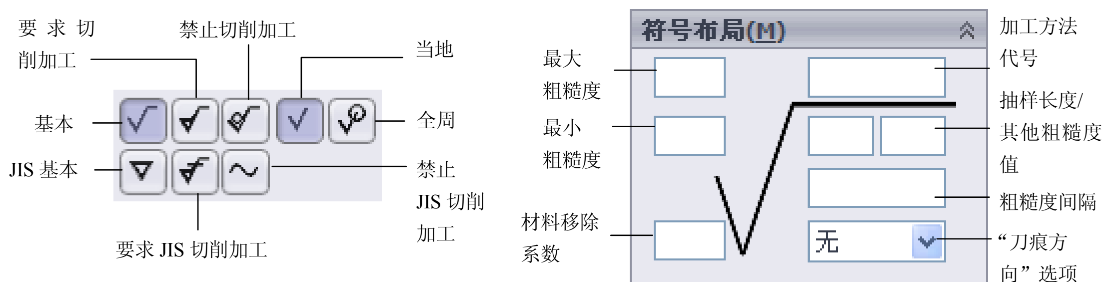


图 7-87 “表面粗糙度”属性对话框中部分区域的作用

7.4.6 插入中心线和中心符号线

工程图中的中心线以点画线绘制，表示孔、回转面的轴线和图形的对称线等。单击“注释”工具栏的“中心线”按钮，选择整个视图或视图中两段平行的边线，可插入中心线，如图 7-88 所示。

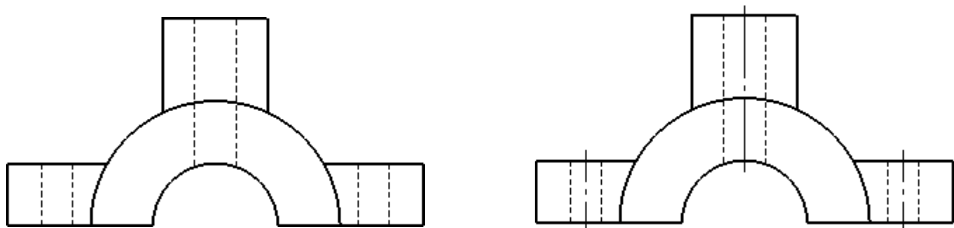


图 7-88　插入“中心线”操作

“中心符号线”用于标识圆或圆弧的中心点。单击“注释”工具栏的“中心符号线”按钮，选择视图中的圆（或一段圆弧），将在圆的中心插入中心符号线，如图 7-89 所示。

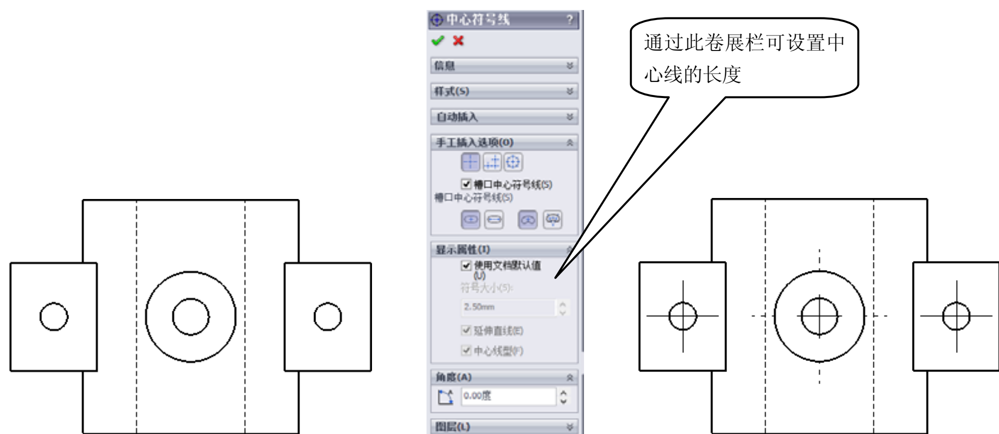


图 7-89　插入“中心符号线”操作

共有三种创建中心符号线的方式，分别为“单一中心符号线”、“线性中心符号线”和“圆形中心符号线”，其各自的作用如图 7-90 所示。

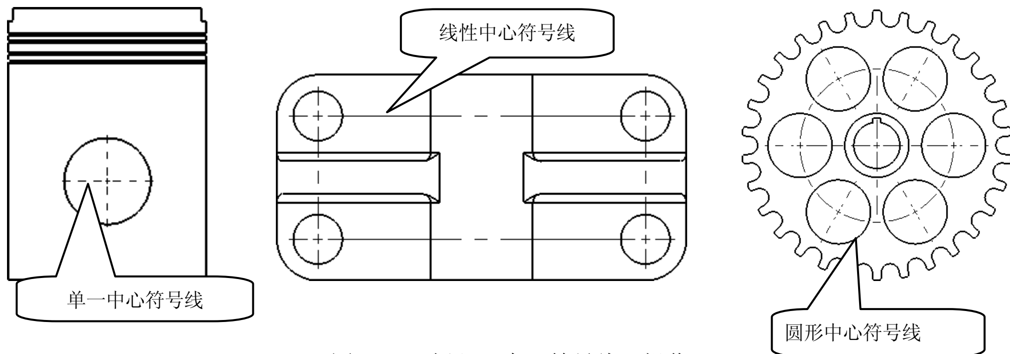


图 7-90　插入“中心符号线”操作

7.4.7 插入表格

单击“注释”工具栏的“表格”按钮，可在弹出的下拉列表中选择插入何种形式的表格，如可选择插入“总表”“孔表”和“材料明细表”等，其中“总表”和“材料明细表”

较常使用，下面说明一下其作用。

总表可用于创建“标题栏”，其操作与 Word 中的表格操作基本相同，只需输入“行数”和“列数”，然后单击“确定”按钮，并在适当位置单击即可插入总表。如图 7-91 所示，插入“总表”后可以根据需要对其执行拖动和合并等操作，双击单元格后，可以在其中输入文字。

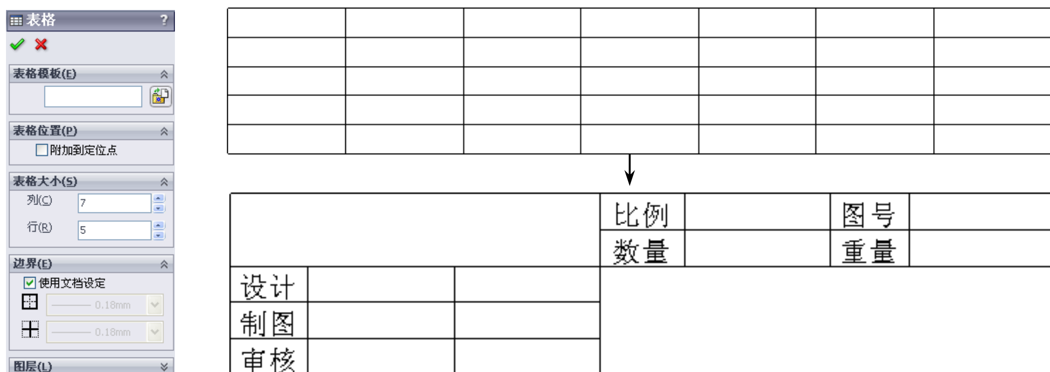
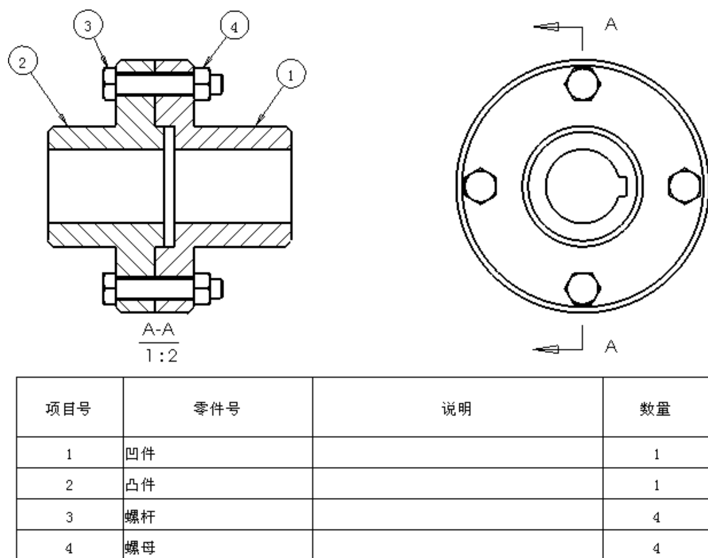


图 7-91　插入“总表”并对其进行修改

“材料明细表”按钮可用于创建装配工程图的配件明细表，如图 7-92 所示，选择一视图作为生成材料明细表的指定模型，单击“确定”按钮，并在适当位置单击，即可生成材料明细表。可使用本书提供的素材文件“7-4-7-表格（素材）.SLDDRW”练习此操作。



> 在生成材料明细表之前，应首先为装配视图标注零件序号，可单击“注释”工具栏的“零件序号”按钮，为视图中的各个零件标注序号，标注方法可自行研究。



项目号	零件号	说明	数量
1	凹件		1
2	凸件		1
3	螺杆		4
4	螺母		4

图 7-92　插入“材料明细表”操作

实例精讲——标注“旋锁”工程图

本实例将讲解使用 SolidWorks 设计如图 7-93 所示旋锁相关工程图的操作。在设计的过程中将主要用到 SolidWorks 中为工程图添加标注的相关操作，如添加尺寸标准、尺寸公差、形位公差、孔标注等的操作技巧。



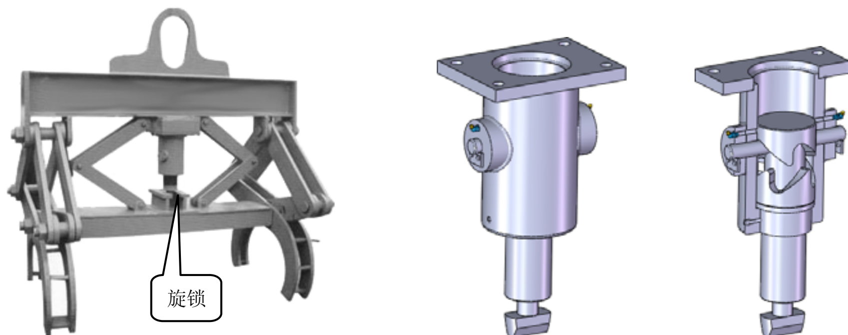


图 7-93 吊具中的“旋锁”和本实例要设计的“旋转”和其剖视图



【制作分析】

本实例主要创建旋锁的壳体和旋轴的工程图（主要讲述标注过程），如图 7-94 所示。在创建的过程中应注意孔标注、尺寸公差、表面粗糙度和焊接符号等的添加技巧。

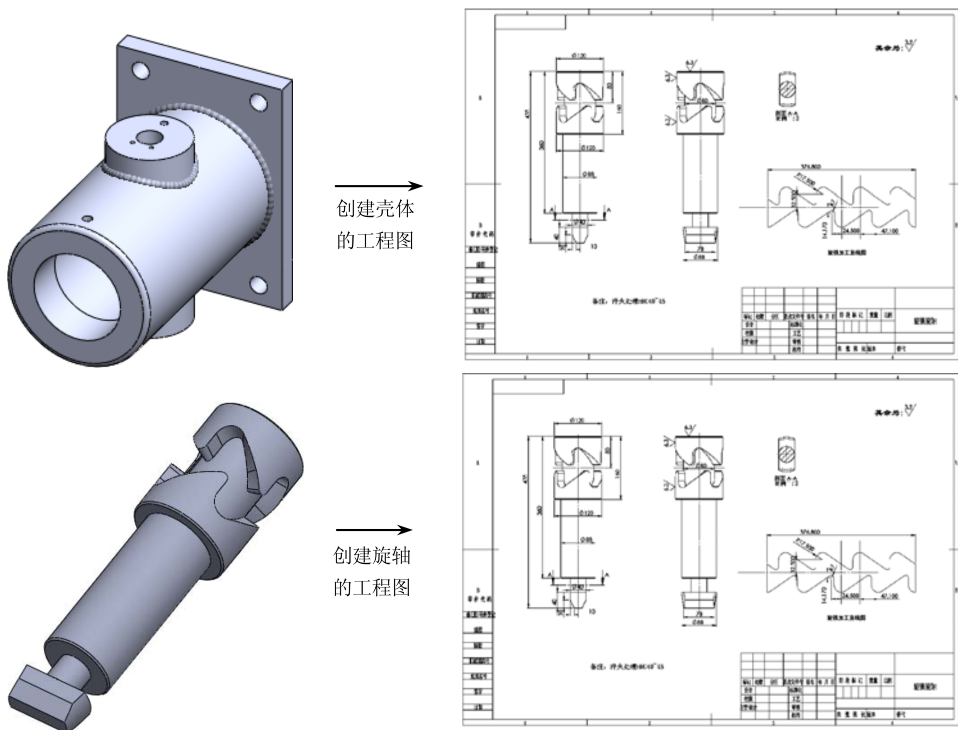
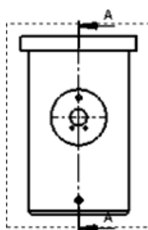


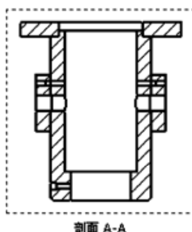
图 7-94 设计“悬索”相关零件工程图的主要操作过程

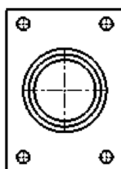
【制作步骤】

1．创建“壳体”工程图

STEP 1 新建“工程图”文件，设置图纸大小为“A3（GB）”，然后选择素材文件“旋锁壳体.sldprt”，创建工程图，并添加部分位置的中心线，如图 7-95 和图 7-96 所示。







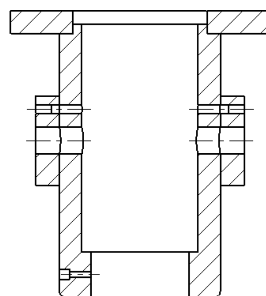
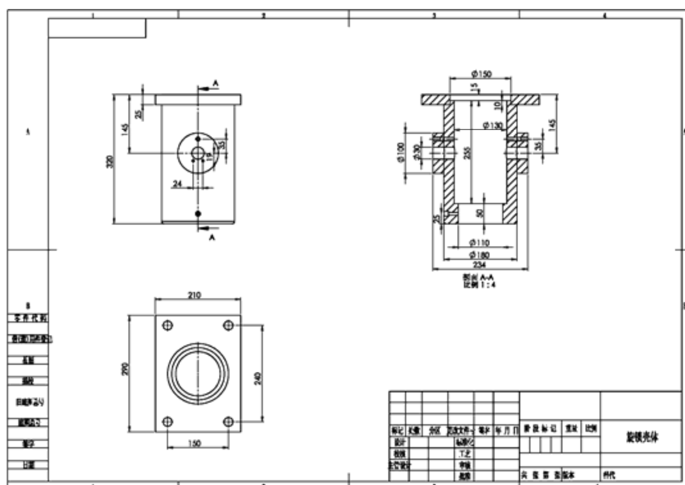


图 7-95　创建模型视图和剖视图　　图 7-96　添加中心线

STEP 2 单击“注释”工具栏中的“智能尺寸”按钮，以类似于草图中标注尺寸方式为视图添加如图 7-97 所示的标注。

STEP 3 单击“注释”工具栏中的“孔标注”按钮，分别选择如图 7-98 所示位置的孔，并向外拖动，创建孔标注。



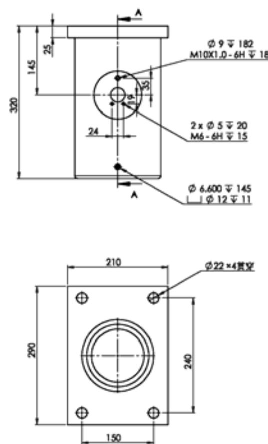


图 7-97　添加尺寸标注　　图 7-98　添加孔标注

STEP 4 单击“注释”工具栏中的“表面粗糙度符号”按钮，在打开的“表面粗糙度”

属性管理器中设置最大粗糙度 12.5，单击剖视图上表面标注粗糙度，如图 7-99 所示。

STEP 5 通过与步骤 4 相同的操作，在图 7-100 所示位置为工程图标注其他需要标注的表面粗糙度。

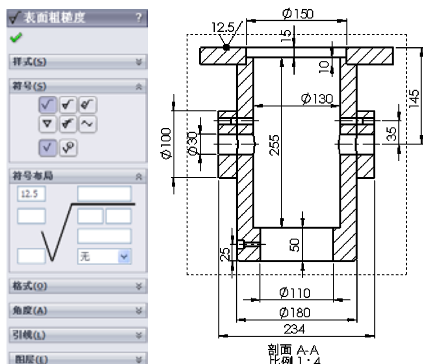


图 7-99 添加粗糙度标注

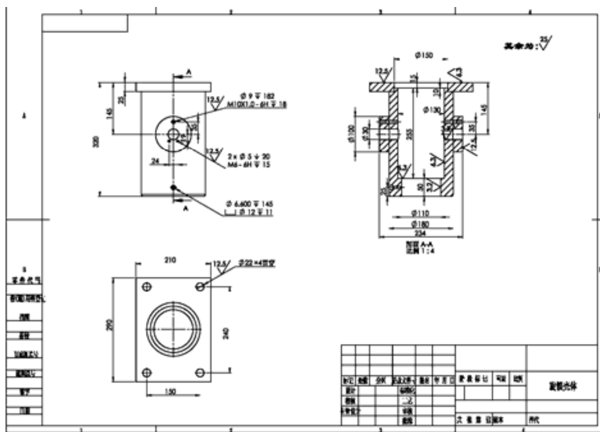


图 7-100 添加所有其他粗糙度标注

STEP 6 单击“注释”工具栏中的“焊接符号”按钮，打开“属性”对话框，设置焊缝大小为 8，并选中“全周”复选框，单击“焊接符号”按钮，打开“符号”对话框，设置焊接类型为“填角焊接”，单击剖视图内部角位置，添加焊接标注，如图 7-101 所示。

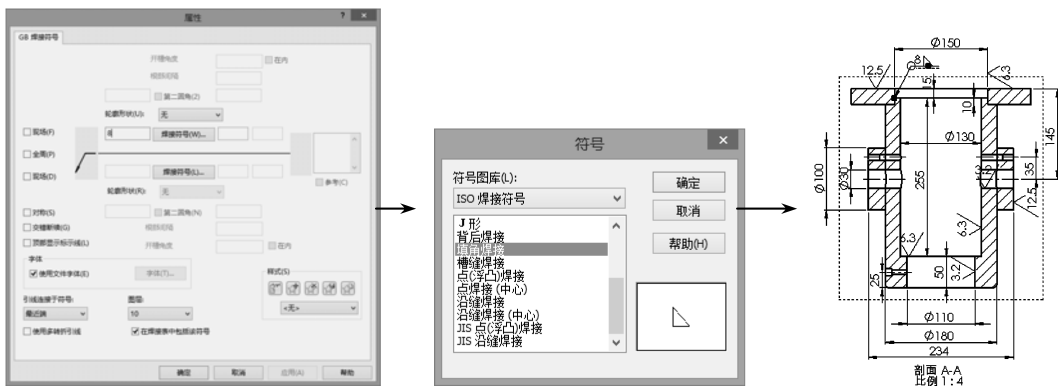


图 7-101 添加焊接符号标注

STEP 7 同步骤 6 操作，设置焊角大小和焊接位置，为视图标准其他焊接符号，如图 7-102 所示（也可进行连续标注）。

STEP 8 选中剖视图顶部的尺寸标注，在左侧显示的“尺寸”属性管理器中设置“公差/精度”为“与公差套和”，再按图示设置参数，效果如图 7-103 所示。

STEP 9 选择剖视图左侧孔的直径标注，在打开的“尺寸”属性管理器中同样设置“公差/精度”为“与公差套和”，但是此次只选用“孔套和”并设置套和的公差值，效果如图 7-104 所示。

图 7-102　所有添加的焊接标注效果　　图 7-103　设置加工精度

STEP 10 通过与步骤 11 相同的操作，为壳体底部孔设置“孔套和”的公差值，如图 7-105 所示，完成工程图的创建。

图 7-104　设置单独的孔套和精度　　图 7-105　设置另外一个公差精度

2．创建“旋轴”工程图

STEP 1 新建“工程图”文件，设置图纸大小为“A3（GB）”，打开素材文件“旋锁旋轴.sldprt”，设置图纸比例为用户自定义“1∶3”，创建标准视图和投影视图，如图 7-106 所示。

STEP 2 如图 7-107 所示，在标准视图的下端绘制直线，并单击“剖面视图”按钮，按住〈Ctrl〉键拖动创建剖面视图。

STEP 3 选中剖面视图，在左侧出现的“剖面视图”属性管理器中设置显示样式为“隐藏线可见”，并右击竖向的虚线，选择“隐藏”菜单项将其隐藏，如图 7-108 所示。

图 7-106　创建模型视图　　图 7-107　创建剖视图　　图 7-108　令部分隐藏线可见

STEP 4 单击“工程图”工具栏中的“模型视图”按钮，选择素材文件“旋锁旋轴.sldprt”，创建一自定义比例 1∶3、“右视”的基准视图，如图 7-109 所示。

STEP 5 如图 7-110 左图所示，在左侧模型树中，展开刚创建的工程图的特征列表，右击“包覆”特征下的草绘特征，在弹出的快捷菜单中选择“显示”菜单项，将此草绘图形显示在标准视图中，如图 7-110 右图所示。

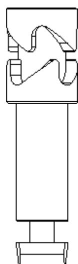


图 7-109 创建右视基准视图

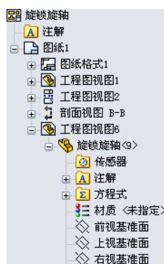




图 7-110 显示草绘图形

STEP 6 单击步骤 5 操作后的视图，在弹出的快捷工具栏中单击“隐藏/显示边线”按钮，打开“隐藏/显示边线”属性管理器，框选此视图中的所有边线，单击“确定”按钮，将所有边线隐藏，如图 7-111 所示。

STEP 7 单击“注释”工具栏中的“智能尺寸”按钮和“注释”按钮等，为视图添加尺寸标注、备注和图纸名称，效果如图 7-112 所示。

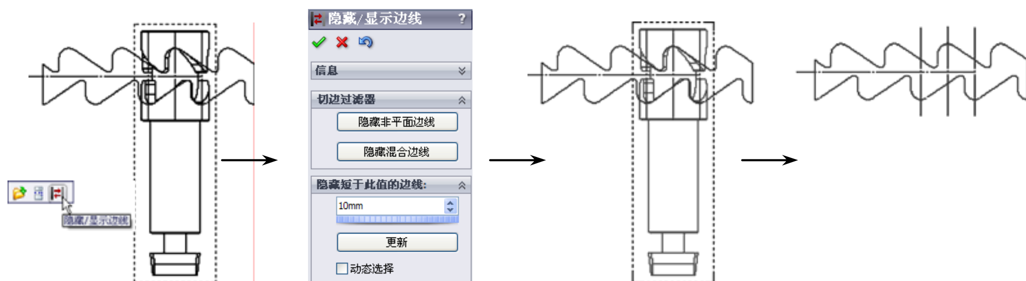


图 7-111 隐藏视图边线

STEP 8 同步骤 7，单击“注释”工具栏中的“表面粗糙度符号”按钮，为视图标注正确的粗糙度符号即可，效果如图 7-113 所示。

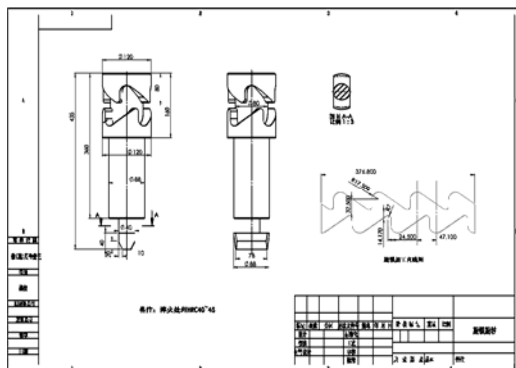


图 7-112 添加尺寸标注

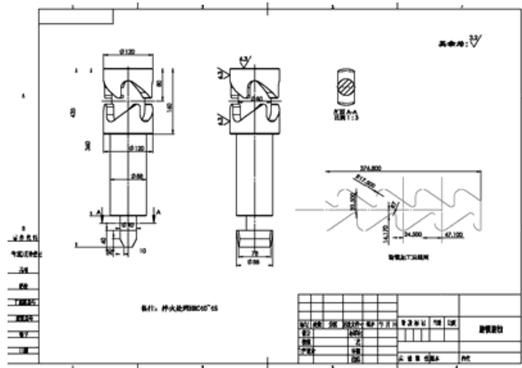


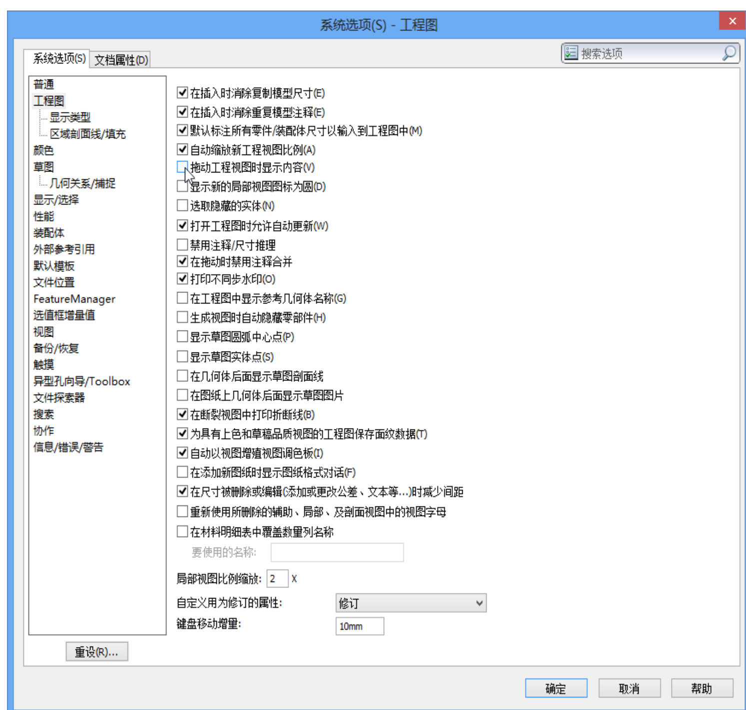
图 7-113 添加表面粗糙度符号

7.5 设置和打印输出工程图

通过对工程图进行相应设置可以更改工程图的页面显示，例如可更改视图的样条粗细、样条的颜色、是否显示虚线、取消网格，以及实现清晰打印等。

7.5.1 工程图选项设置

选择“工具”>“选项”菜单，打开“系统选项”对话框，默认打开“系统选项”选项卡，如图 7-114 左图所示，在此选项卡中可设置“工程图”的整体性能，如可设置工程图的显示类型、剖面线样式、线条颜色以及文件保存的默认位置等。



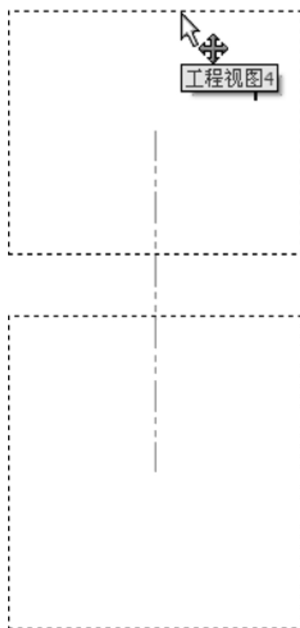
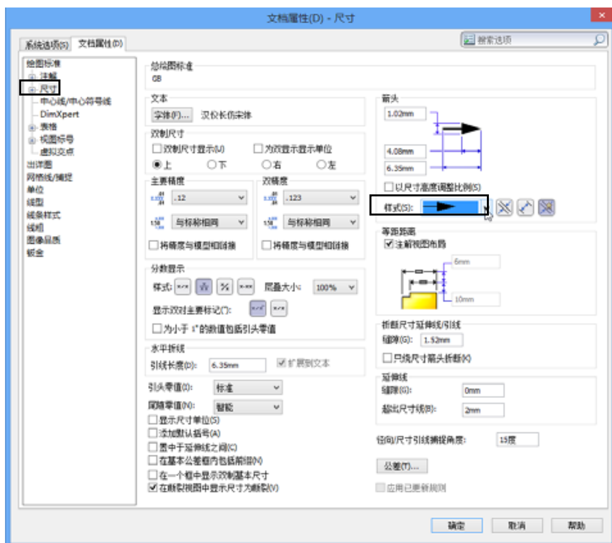


图 7-114 设置工程图的“系统选项”

如图 7-114 右图所示为在左侧对话框中取消“拖动工程图时显示内容”复选框的选中状态时，拖动视图时的视图显示样式，此功能可加快工程图的操作速度。

在“系统选项”对话框中切换到“文件属性”选项卡，如图 7-115 左图所示，在此选项卡中主要可设置“注释”的样式，如可设置注释的线性、尺寸和字体等参数。如图 7-115 右图所示为在左图中改变注释箭头的显示样式的模型效果（“文件属性”设置只对当前正在操作的工程图文件有影响）。



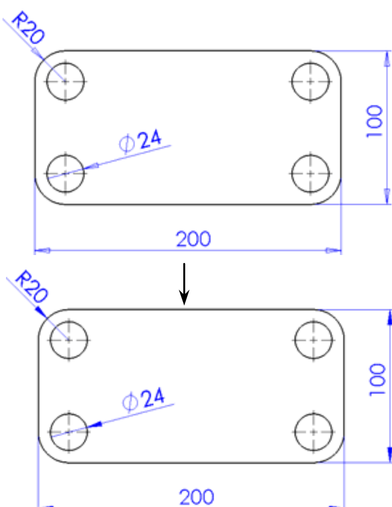


图 7-115　设置工程图的“文件属性”

7.5.2 创建图样模板

图纸模板大都包含规范的标题栏，因此在使用图纸模板创建工程图后，只需简单地修改标题块属性，即可获得符合标准的图纸。SolidWorks 提供了众多图纸模板，但是多是国外标准，不一定符合企业内部规范，因此需要创建自定义的图纸模板。

下面看一个创建图纸模板的操作实例，步骤如下：

STEP 1 “新建”大小为 594×420 的空白图纸（先新建工程图，然后右击选择“属性”命令，自定义图纸的大小）。

STEP 2 右击操作区空白区域，从弹出的快捷菜单中选择“编辑图纸格式”菜单项，如图 7-116 左图所示，进入“编辑图纸格式”模式。

STEP 3 单击“线型”工具栏中的“线粗”按钮，在弹出的下拉列表中选择“0.25mm”线型，如图 7-116 中图所示，再单击“线型”工具栏中的“线色”按钮，在弹出的“设定下一直线颜色”对话框中选择蓝色作为线条的颜色，如图 7-116 右图所示。

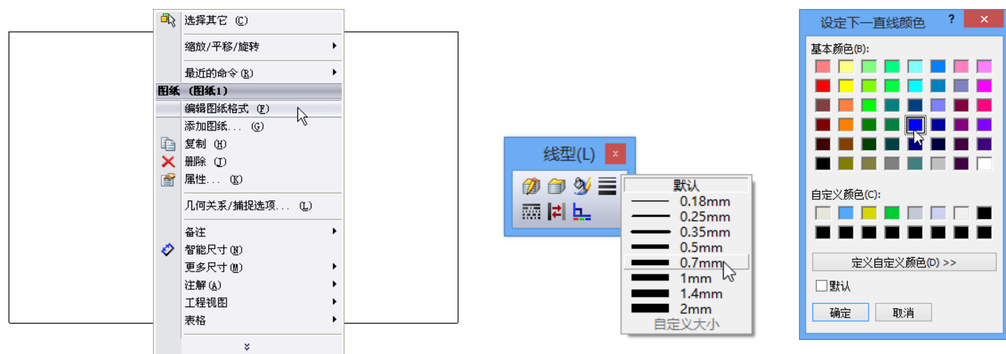


图 7-116　进入“编辑图纸格式”模式

STEP 4 单击“草图”工具栏中的“矩形”按钮，在绘图区绘制一矩形作为工程图的图框（其左下角点和右上角点坐标分别为“25，10”和“584，410”，如图 7-117 所示），并为图框添加“固定”约束。

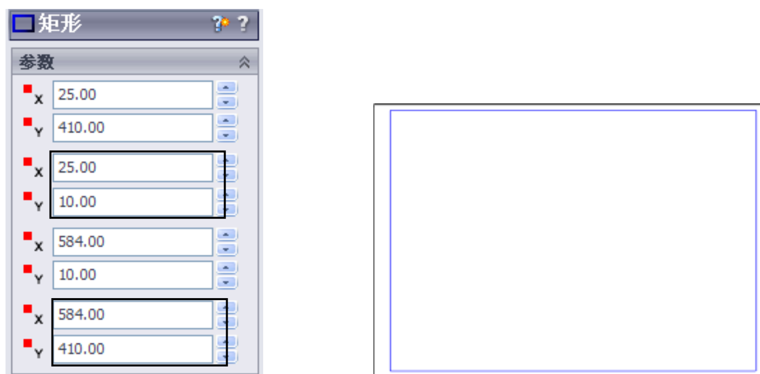


图 7-117　绘制矩形作为图框

STEP 5 单击“草图”工具栏中的“直线”按钮，绘制标题栏的外框，如图 7-118 左图所示，再使用“阵列”工具阵列出中间的线段，如图 7-118 中图所示，然后使用修剪工具将不必要的线段修剪掉，并添加相应的位置约束，如图 7-118 右图所示。

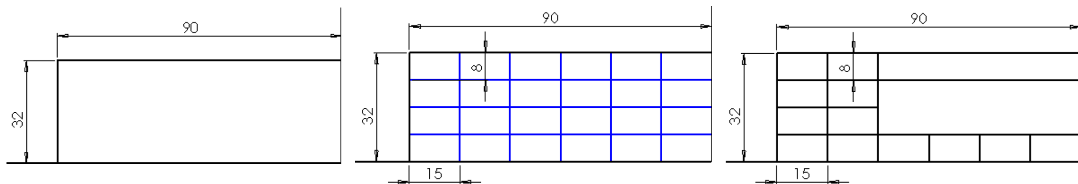


图 7-118　用直线绘制标题栏

STEP 6 选择“视图”>“隐藏/显示注解”菜单，选择标注的尺寸将其隐藏，如图 7-119 左图所示，再按住〈Ctrl〉键，选择表格内部的线条，然后单击“线型”工具栏中的“线粗”按钮，在弹出的下拉列表中选择“细线”，效果如图 7-119 中图所示。

STEP 7 单击“注解”工具栏中的“注释”按钮 A，在图纸的适当位置单击为标题栏添加文字，效果如图 7-119 右图所示。

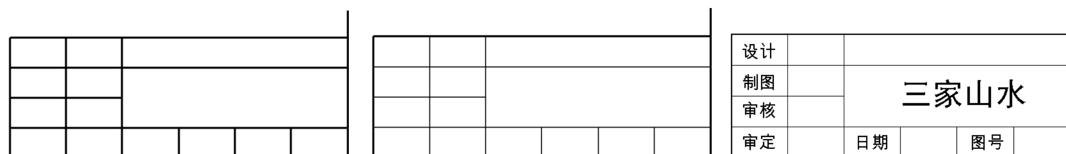


图 7-119　调整标题栏“线型”并添加文字

STEP 8 选择“文件”>“保存图纸格式”菜单，弹出“保存图纸格式”对话框，如图 7-120 左图所示，输入图纸名称，单击“确定”按钮在默认位置进行保存完成图纸模板的创建（新创建的图纸模板将出现在“图纸属性”对话框中，如图 7-120 右图所示）。

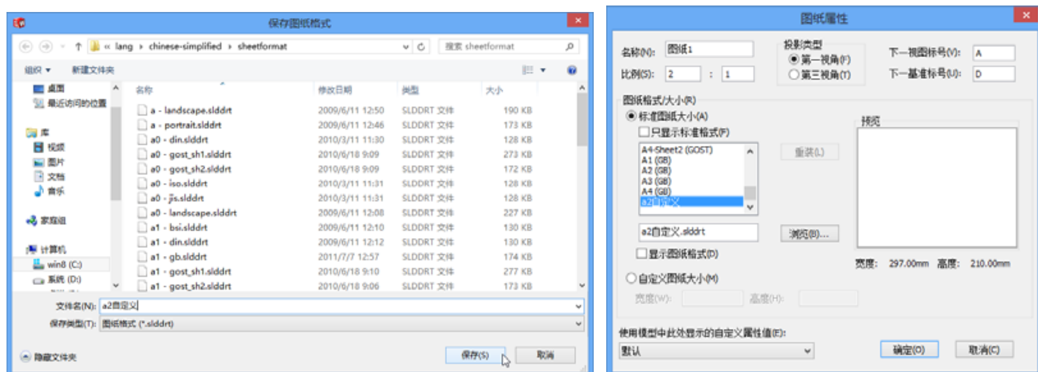


图 7-120 保存图纸格式



> 完成图纸格式绘制后，在绘图区单击右键，从弹出的快捷菜单中选择“编辑图纸”菜单项，可回到编辑图纸状态，此时无法对图框和标题等进行修改。

7.5.3 打印工程图

在 SolidWorks 中打印工程图较简单，在绘制完工程图后，只需选择“文件”>“打印”菜单，在弹出的“打印”对话框中（如图 7-121 左图所示）选择打印输出的打印机，并单击“确定”按钮即可打印输出图纸。

在图 7-121 左图所示的“打印”对话框中，单击“线粗”按钮，可打开“文件属性”对话框，并自动选中线粗选项，然后在右侧文本框中（如图 7-121 右下图所示）可设置打印输出图形线型的粗细，其效果如图 7-121 右上图所示。

此外，在图 7-121 左图所示的“打印”对话框中，单击“页眉/页脚”按钮，可在弹出的对话框中为工程图添加页眉和页脚，如图 7-122 所示。

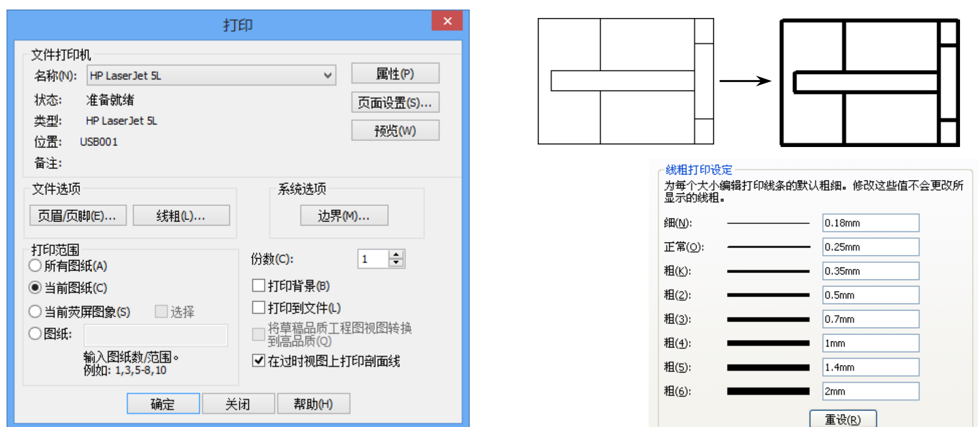


图 7-121 “打印”工程图对话框和设置线粗的操作

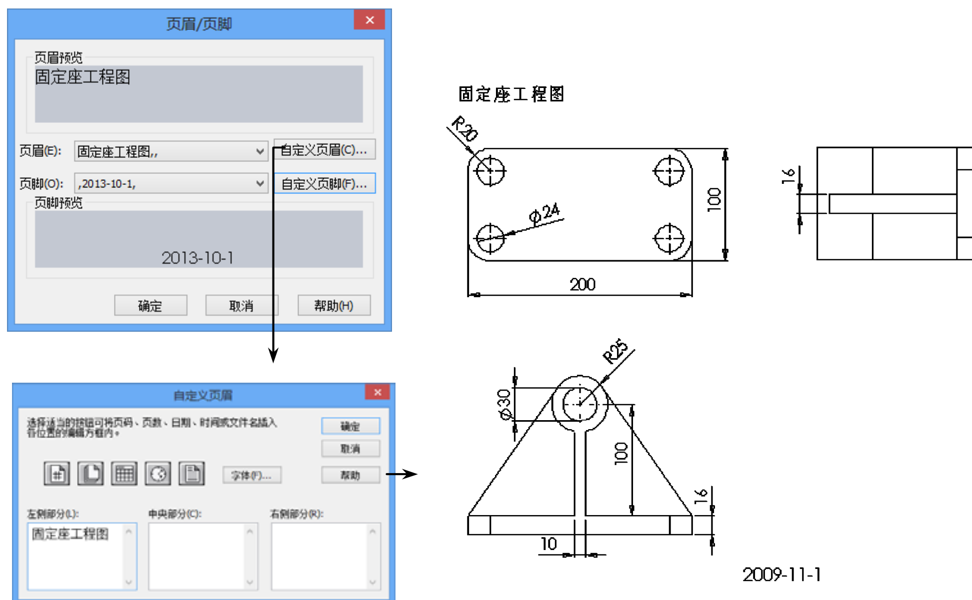


图 7-122　打印工程图所选区域操作

还有，在图 7-121 左图所示的“打印”对话框中，单击“页面设置”单选钮，可打开“页面设置”对话框，如图 7-123 所示，在此对话框中选中“颜色/灰度级”单选钮，并单击“确定”按钮可打印输出彩色工程图。

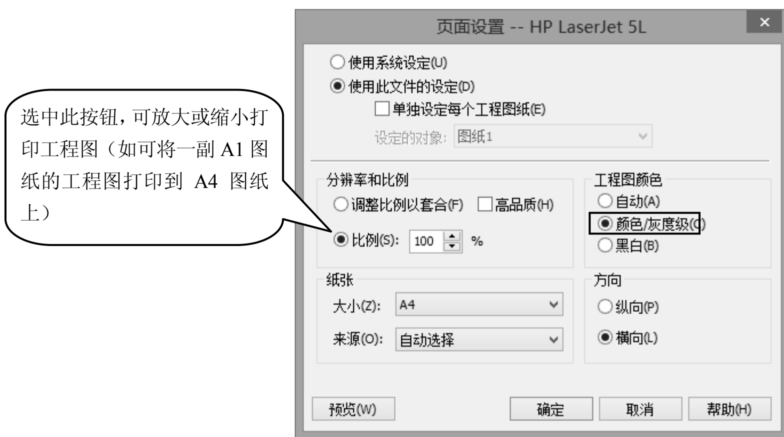


图 7-123　设置彩色打印工程图的方法

实例精讲——设计和打印装配工程图

下面绘制一个“凸缘联轴器”的装配工程图，如图 7-124 所示，以复习本章所学习的工程图创建知识。

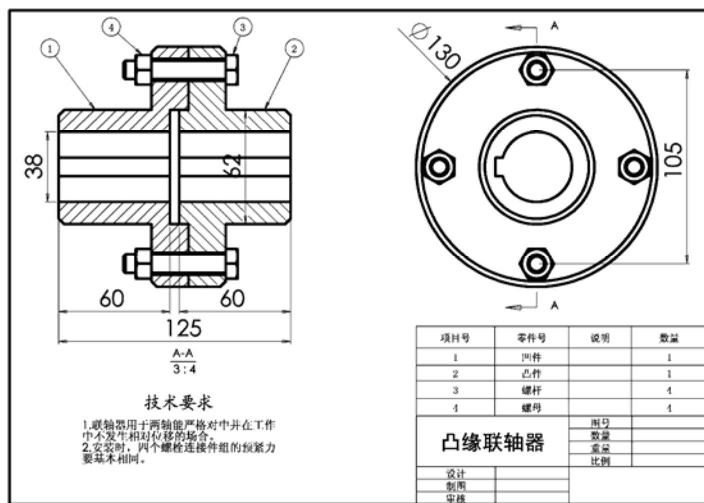


图 7-124 “凸缘联轴器”的装配工程图

【制作分析】

本实例将使用“标准视图”和“剖面视图”两个视图来展示实体的装配情况，并适当添加标注、材料明细表和技术要求等对图纸进行辅助说明，对“剖面视图”的调整和设置主表定位点的操作是本实例的两个关键点，在操作时应重点掌握。

【制作步骤】

STEP 1 首先按照前面章节的操作创建一自定义大小（297×210）的图纸，再选择本书提供的“凸缘联轴器”文件夹下的素材文件“装配.SLDASM”，创建一比例为 3:4 的标准视图，如图 7-125 所示。

STEP 2 单击“工程图”工具栏中的“剖面视图”按钮，单击“竖直”按钮，再在图纸中单击设置剖面线的位置，如图 7-126 所示。





图 7-125 创建“标准视图”

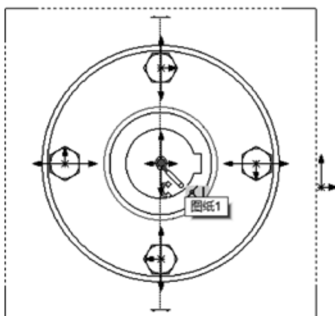


图 7-126 创建“标准视图”

STEP 3 系统弹出“剖面视图”对话框，如图 7-127 左图所示，选中如图中所示的复选框，并在绘图区中选中被切割的两个螺杆，作为排除切割的实体，单击“确定”按钮，拖动

鼠标创建一剖面视图，如图 7-127 中图和右图所示。

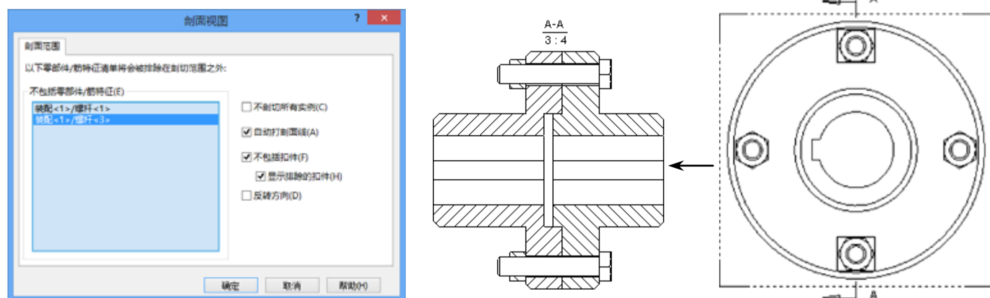


图 7-127　创建“剖面视图”

STEP 4 右键单击“剖面视图”，在弹出的快捷菜单中选择“属性”菜单项，打开“工程视图属性”对话框，如图 7-128 左图所示，切换到“剖面范围”选项卡，选中“剖面视图”中的两个螺钉将其添加被排除的扣件列表中，效果如图 7-128 右图所示。

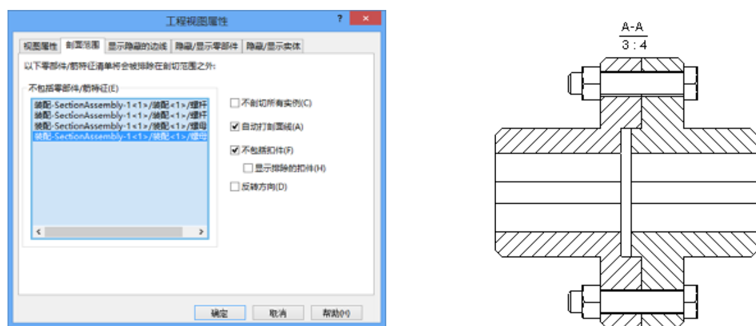


图 7-128　设置“剖面视图”

STEP 5 选择“工具”>“选项”菜单，打开“文件属性”对话框，如图 7-129 左图所示，选择“尺寸”项，再在右侧面板中单击“字体”按钮，打开“选择字体”对话框，如图 7-129 右图所示，按图中所示设置字体的单位和间距，单击“确定”按钮继续。



图 7-129　设置注释的文字大小

STEP 6 单击“注释”工具栏中的“智能尺寸”按钮，按照图 7-130 所示在相应的位置为视图标注尺寸。

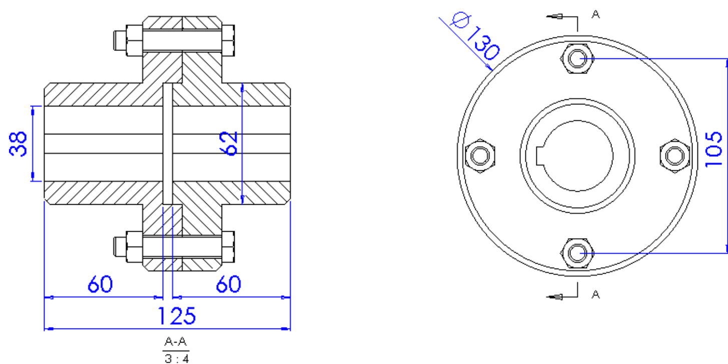
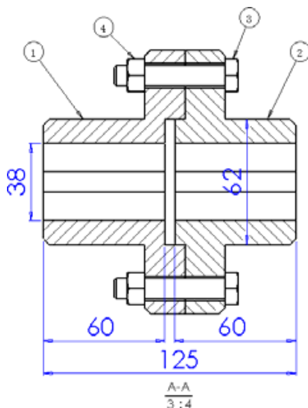


图 7-130 标注工程图

STEP 7 单击“注释”工具栏中的“零件序号”按钮，打开“零件序号”属性管理器，如图 7-131 左图所示，设置标注“样式”为“圆形”，“大小”为“3 个字符”，然后在剖面视图的四个组件上顺序单击标注零件序号，如图 7-131 中图所示。





项目号	零件号	说明	数量
1	凹件		1
2	凸件		1
3	螺杆		4
4	螺母		4

图 7-131 添加“零件序号”

STEP 8 单击“注释”工具栏中“表格”按钮下的“材料明细表”按钮，选择剖面视图，单击“确定”按钮，在操作区的任一空白区域单击，创建一材料明细表，如图 7-131 右图所示。

STEP 9 右键单击操作区的空白区域，选择“编辑图纸格式”菜单，进入编辑图纸格式界面，并绘制一矩形（顶点坐标如图 7-132 左图所示），然后右击模型树中“图纸格式”下的“总表定位点”项，选择“设置定位点”菜单，再单击新添加图框的右下角，设置总表定位点的位置，如图 7-132 右边两个图所示。

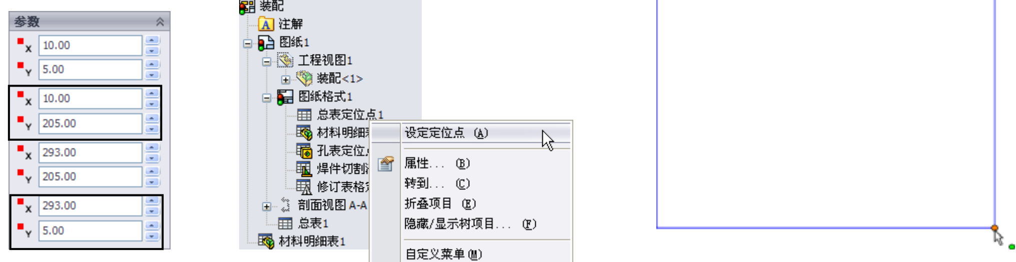
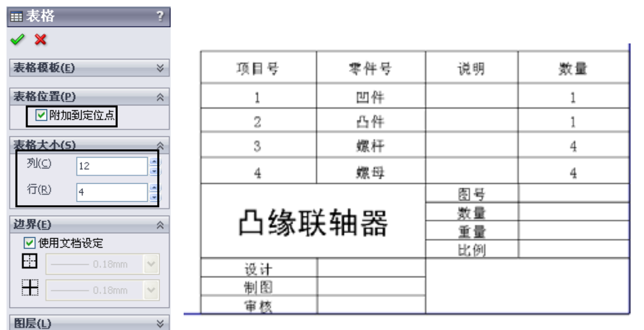


图 7-132　添加图框并设置定位点

STEP 10 右键单击操作区空白区域，选择“编辑视图”命令退出编辑图纸格式界面，然后单击“注释”工具栏中的“总表”按钮，创建一如图 7-133 所示的总表（需按照图中所示设置“总表”参数），并将步骤 7 中创建的材料明细表与之对齐。

STEP 11 单击“注释”工具栏中的“注释”按钮，选择合适的字体，在工程图左下角的空白区域单击，创建工程图的技术要求，如图 7-134 所示，完成工程图的创建。



项目号	零件号	说明	数量
1	凹件		1
2	凸件		1
3	螺杆		4
4	螺母		4
凸缘联轴器		图号	
		数量	
		重量	
		比例	
设计			
制图			
审核			

图 7-133　添加“总表”并调整材料明细表的位置

技术要求

1.联轴器用于两轴能严格对中并在工作中不发生相对位移的场合。
2.安装时，四个螺栓连接件组的预紧力要基本相同。

图 7-134　添加“技术要求”

7.6　本章小结

工程图是 SolidWorks 的重要模块，结合灵活快捷的建模方式，通过标准化的视图和视图标注，可以高效率地创建和打印工程图。本章主要讲述了创建视图、编辑视图和添加视图标注的方法，其难点是视图标注。另外学习本章应首先了解机械制图等方面的基础知识，否则有些概念性的指标将难于理解，会妨碍学习的进程。

7.7　思考与练习

一、填空题

（1）工程图的模型树与建模环境的模型树有所不同，主要由________、__________和__________三部分组成。

（2）工程图的工具栏主要包括__________工具栏、________________工具栏和__________

工具栏。

（3）__________是标准视图在某个方向的投影，用于辅助说明零件的形状。

（4）在绘制工程图时，一些实体的内部构造较复杂，需要创建__________才能清楚地了解其内部结构。

（5）使用________________可以采用幻影线的方式将一个视图叠加于另一个视图之上，主要用于标识装配体的运动范围。

（6）形位公差包括__________和_________，机械加工后零件的实际形状或相互位置与理想几何体规定的形状或相互位置不可避免地存在差异，形状上的差异就是__________，而相互位置的差异就是_________。

二、问答题

（1）工程图通常具有几个组成要素？并简述其作用。

（2）“模型视图”属性管理器中“装饰螺纹线显示”卷展栏的两个单选钮有何不同？

（3）裁剪视图可否单独存在？其主要作用是什么？

三、操作题

（1）使用本章所学的知识，创建本书提供的素材文件 7−Lx1.sldprt 的工程图，其效果如图 7−135 所示。

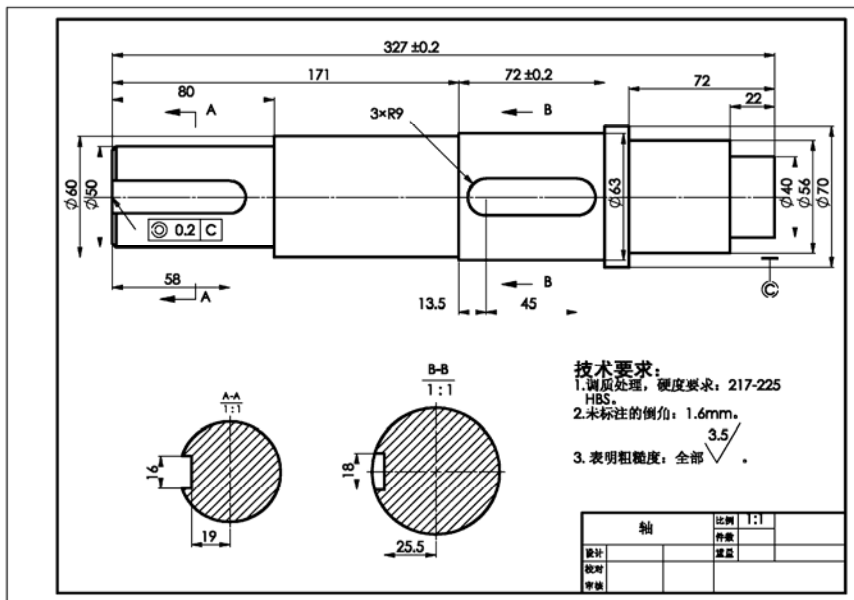


图 7−135 需创建的“轴”工程图



本实例没有太多难点，只是在创建工程图时使用自定义图纸大小（420 × 297）即可，其中标题栏是在“编辑视图格式”模式下创建的（两个图框也是，外侧图框与图纸大小相同，内侧与外侧边框的距离分别为 6mm 和 25mm），另外注意设置标注字体的大小。

（2）使用本章所学的知识，创建本书提供的素材文件 7-Lx2.sldprt 的工程图，其效果如图 7-136 所示。

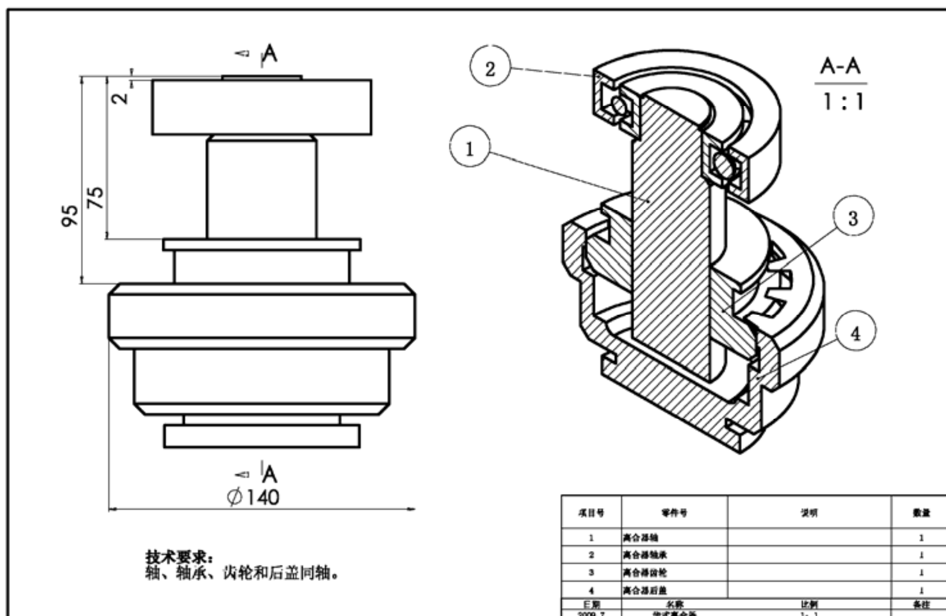


图 7-136　需创建的“齿式离合器”装配工程图



本实例右侧标题栏可在“编辑视图”模式直接使用“总表”和“材料明细表”创建，右侧剖面视图可通过右键单击原剖面视图，选择“等轴测剖面视图”菜单转换得到。

第8章　钣金设计

本章要点

- 钣金基础
- 钣金设计
- 钣金编辑

学习目标

钣金设计是一种广泛应用于汽车、航空和轻工等领域的技术。钣金设计人员可以利用SolidWorks提供的钣金功能，以钣金的自有特性和材料为基础，方便地设计出各种钣金件。

8.1　钣金基础

“钣金”是指针对金属薄板（通常在6mm以下）进行的一种综合冷加工工艺，可以对其进行冲压、除料、折弯等操作，其显著特征是同一零件厚度一致，如图8-1所示。

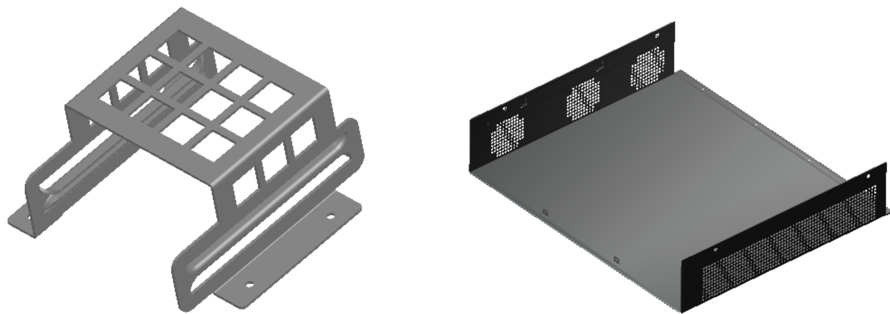


图8-1　钣金件

在实际钣金操作时，通常是将一些金属薄板通过模具冲压使其产生塑性变形，形成所希望的形状和尺寸，然后再进行焊接或少量的机械加工，从而最终形成复杂的零件。

目前大多数工业设计软件，像SolidWorks、UG、Creo、CATIA等基本上都具备钣金功能。实际上就是在软件中通过对3D工业图形进行设计和编辑，从而得到钣金件加工所需的数据（如展开图），最终为钣金加工数控机床等提供模型加工的驱动。

8.1.1 钣金设计方式

共有三种钣金设计方式，一种是直接使用钣金特征来创建钣金模型，如图8-2所示；另一种是使用“转换到钣金”命令直接将实体转换到钣金，如图8-3所示；还有就是首先创建

实体，然后进行抽壳处理，再为其添加钣金特征，创建钣金模型，如图 8-4 所示。

将实体转变为钣金的钣金设计方式，多用于从其他 CAD 系统输入钣金件时，将输入的钣金件（此时为实体）通过插入钣金特征转变为 SolidWorks 钣金零件。

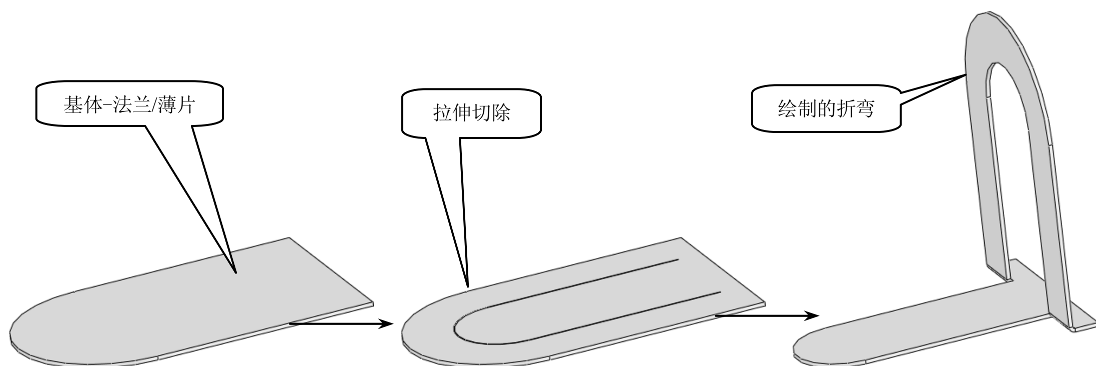


图 8-2　通过钣金特征创建钣金模型

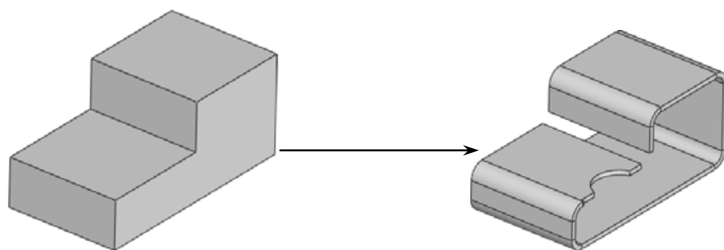


图 8-3　使用“转换到钣金”命令创建钣金件

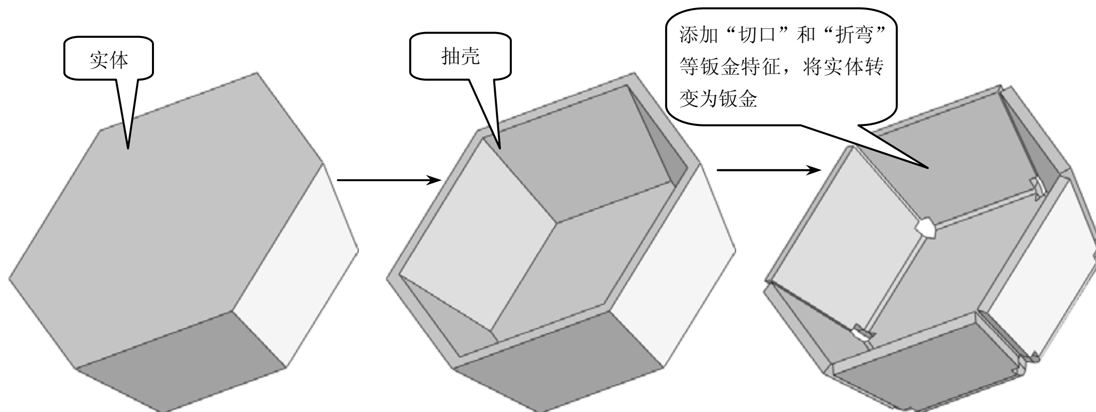


图 8-4　通过实体创建钣金件

8.1.2 钣金术语和其意义

钣金零件的工程师为保证最终折弯成型后的零件为所期望的尺寸，会利用各种不同的算法来计算展开状态下备料的实际长度。其中最常用的方法是简单的“掐指规则”，即基于各自经验的规则算法。通常这些算法需要考虑材料的类型与厚度，折弯的半径和角度，机床的类

型和步进速度等。

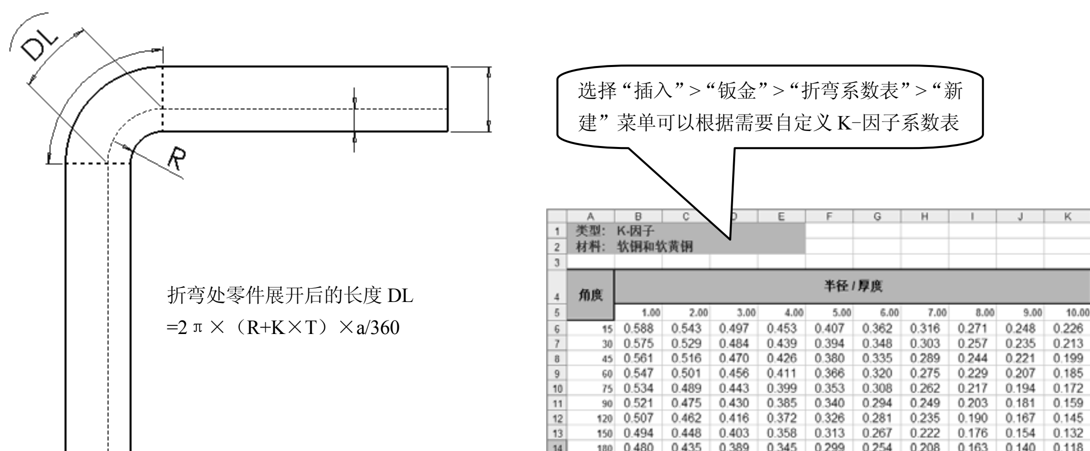
为更好地利用计算机超强的分析与计算能力，当用 CAD 程序模拟钣金的折弯或展开时，也需要一种计算方法以便准确地计算出备料的实际长度。本小节所讲述的几个钣金术语实际上为确定钣金展开长度的几种方式，而且可与“掐指规则”结合使用。

1．K-因子

在折弯变形过程中，折弯圆角内侧材料被压缩、外侧材料被拉伸，而保持原有长度的材料呈圆弧线分布，这个圆弧线被称为中性线。K–因子表示钣金中性线的位置，以钣金零件的厚度作为计算基准，如图 8–5 左图所示，为钣金内表面到中性面的距离 t 与钣金厚度 T 的比值，即 K=t/T。

K–因子值通常由钣金材料供应商提供，或者可根据试验数据、经验或材料手册等得到。需要注意的是，针对不同的折弯情况，K–因子值不可能一成不变，也很难拥有固定的计算公式，所以根据“掐指规则”自定义一些特殊场合的 K–因子是非常必要的。

在 SolidWorks 中可根据需要自定义不同场合下的 K–因子系数表，如图 8–5 右图所示，从而保证钣金展开后的正确备料长度。



	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	类型:	K-因子									
2	材料:	软钢和软黄铜									
3											
4	角度	半径 / 厚度									
5		1.00	2.00	3.00	4.00	5.00	6.00	7.00	8.00	9.00	10.00
6	15	0.588	0.543	0.497	0.453	0.407	0.362	0.316	0.271	0.248	0.226
7	30	0.575	0.529	0.484	0.439	0.394	0.348	0.303	0.257	0.235	0.213
8	45	0.561	0.516	0.470	0.426	0.380	0.335	0.289	0.244	0.221	0.199
9	60	0.547	0.501	0.456	0.411	0.366	0.320	0.275	0.229	0.207	0.185
10	75	0.534	0.489	0.443	0.399	0.353	0.308	0.262	0.217	0.194	0.172
11	90	0.521	0.475	0.430	0.385	0.340	0.294	0.249	0.203	0.181	0.159
12	120	0.507	0.462	0.416	0.372	0.326	0.281	0.235	0.190	0.167	0.145
13	150	0.494	0.448	0.403	0.358	0.313	0.267	0.222	0.176	0.154	0.132
14	180	0.480	0.435	0.389	0.345	0.299	0.254	0.208	0.163	0.140	0.118

图 8–5　K–因子与钣金长度的关系、K–因子系数表

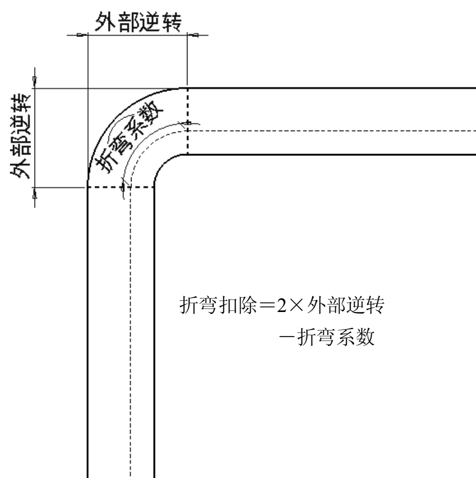
2．折弯系数和折弯扣除

如图 8–5 左图中的公式所示，我们可以根据 K–因子计算出折弯处中性线的长度（即折弯处钣金展开后的长度），此长度即为折弯系数。在实际应用中，折弯系数值通常直接给出，所以说折弯系数可以比 K–因子更加直接的定义钣金展开后的备料长度。

折弯系数的值会随不同的情形如材料类型、材料厚度、折弯半径和折弯角度等而不同，而且折弯系数还会受到加工过程、机床类型和机床速度等的影响。

折弯扣除通常是指回退量，而根据定义，折弯扣除为双倍外部逆转与折弯系数之间的差，如图 8–6 左图所示。折弯扣除的大小也同样受到多种因素的影响。

折弯扣除与折弯系数实际上只是测量或定义方式不同的两个量，在使用时都是用于确定零件展开长度的一个值。而且它们也都可以根据不同的实际情况来定义折弯系数表或折弯扣除表，如图 8–6 右图所示（SolidWorks 中默认提供有多个折弯系数表和折弯扣除表，可直接使用，也可修改后使用）。



1	单位:	英寸										
2	类型:	折弯扣除										
3	材料:	半硬黄铜和钣铜、软钢和铝										
4	评论:	所指定的数值用于 90-度折弯										
5	半径	厚度										
6		1/64	1/32	3/64	1/16	5/64	3/32	1/8	5/32	3/16	7/32	1/4
7	1/32	0.035	0.056	0.077	0.099	0.120	0.141	0.184	0.226	0.269	0.311	0.354
8	3/64	0.041	0.062	0.084	0.105	0.126	0.147	0.190	0.232	0.275	0.317	0.360
9	1/16	0.048	0.070	0.091	0.112	0.133	0.155	0.197	0.240	0.282	0.325	0.367
10	3/32	0.062	0.083	0.104	0.126	0.147	0.168	0.211	0.253	0.296	0.338	0.381
11	1/8	0.075	0.097	0.118	0.139	0.160	0.182	0.224	0.267	0.309	0.352	0.394
12	5/32	0.089	0.110	0.131	0.153	0.174	0.195	0.238	0.280	0.323	0.365	0.408
13	3/16	0.101	0.123	0.144	0.165	0.186	0.208	0.250	0.293	0.335	0.378	0.420
14	7/32	0.115	0.136	0.157	0.179	0.200	0.221	0.264	0.306	0.349	0.391	0.434
15	1/4	0.128	0.150	0.171	0.192	0.213	0.235	0.277	0.320	0.362	0.405	0.447
16	9/32	0.142	0.163	0.184	0.206	0.227	0.248	0.291	0.333	0.376	0.418	0.461
17	5/16	0.155	0.177	0.198	0.219	0.240	0.262	0.304	0.347	0.389	0.432	0.474
18	评论:	使用从 Machinery Handbook - 26th Edition 摘录的折弯系数值。										
19	评论:	经 Industrial Press 公司许可。所用的公式为										
20	评论:	折弯扣除 = 2*(半径 + 厚度) - 折弯系数										

图 8-6　折弯扣除与折弯扣除表



一般来说，对每种材料或每种材料的加工组合会有一个表，初始表的形成可能会花费一些时间（如需要进行反复的测试），但是一旦形成，今后我们就可以不断地重复利用其中的某个部分了。

8.1.3 认识钣金设计树和钣金工具栏

在 SolidWorks 的钣金设计树中，如图 8-7 左图所示，任何钣金件都将默认添加如下两个特征（即使只创建了一个“薄片”钣金）：

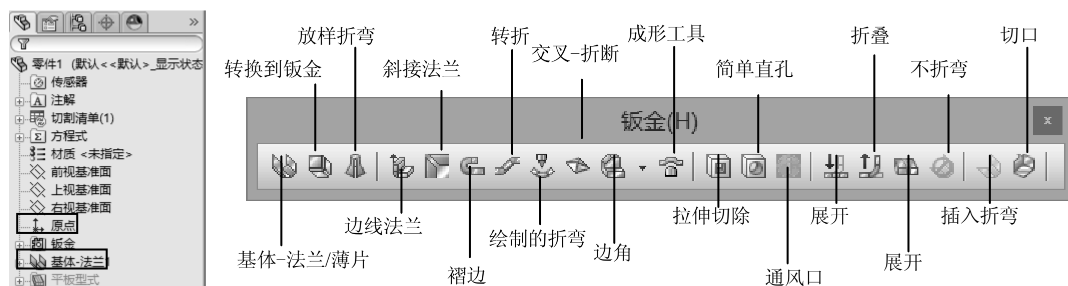


图 8-7　钣金设计树和钣金工具栏

- “钣金”特征：包含默认的折弯参数，可编辑或设置此钣金件的默认折弯半径、折弯系数、折弯扣除和默认释放槽类型。
- “平板型式”特征：默认被压缩，解除压缩后用于展开钣金件（通常在压缩状态下设计钣金件，否则将在“平板型式”后添加特征）。

“钣金”工具栏集合了设计钣金的大多数工具，如图 8-7 右图所示，而且在“钣金”工具栏中还集合有“拉伸切除”和“简单直孔”按钮，此两个按钮与前面几章中介绍的特征工具

条中的对应按钮功能完全相同，在钣金件上同样可用于进行切除或执行孔操作。

8.2 钣金设计

本节主要讲解创建钣金主要壁的方法，所创建的特征多参照草绘图形或草绘线创建，如基体-法兰/薄片、边线法兰等特征。

8.2.1 基体-法兰/薄片

“基体-法兰/薄片”特征是主要的钣金创建工具，与“拉伸凸台/基体”命令类似，可以使用轮廓线拉伸出钣金，其他钣金特征都是在此基础上创建的。

首先绘制一封闭轮廓曲线，如图 8-8 左图所示，单击“钣金”工具栏中的“基体-法兰/薄片”按钮，再选择绘制好的曲线轮廓，打开“基体法兰”对话框，如图 8-8 中图所示，设置钣金厚度，其他选项保持系统默认，单击“确定”按钮即可完成“基体-法兰/薄片”特征的创建，效果如图 8-8 右图所示。

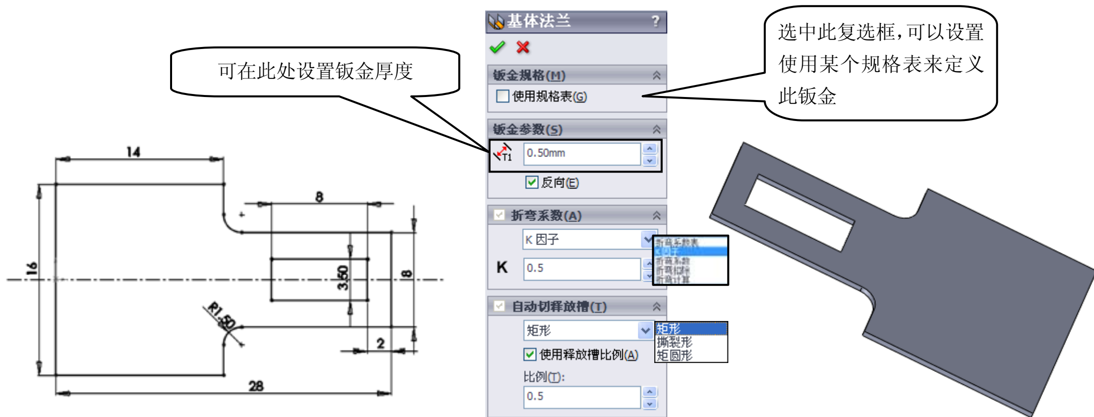


图 8-8　创建“基体-法兰/薄片”

在“基体法兰”对话框中，如图 8-8 中图所示，“折弯系数”卷展栏用于定义钣金折弯的规则算法，其意义可参见 8.1.3 节中的讲述。“自动切释放槽”卷展栏用于设置在插入折弯时为弯边设置不同类型的“释放槽”，有“矩形”“撕裂形”和“短圆形”三种类型可供选择，其作用如下。

- “矩形”：指在折弯拐角处添加一个矩形让位槽，如图 8-9 左图所示。
- “撕裂形”：指维持现有材料形状，不为折弯创建让位槽，如图 8-9 中图所示。
- “短圆形”：指在折弯拐角处添加一个圆形让位槽，如图 8-9 右图所示。



在对钣金材料进行拉伸或弯曲时，折弯处容易产生撕裂或不准确的现象，添加释放槽的目的是弥补这种缺陷，防止发生意外变形。在创建边线法兰或转折等钣金特征时，可以对此参数单独进行设置，否则整个钣金都将默认使用此处的释放槽设置。

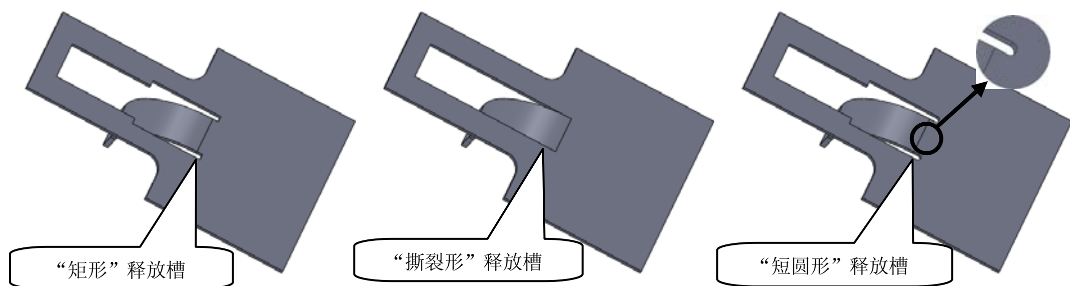


图 8-9　三种“释放槽”

8.2.2 转换到钣金

使用“转换到钣金”工具可以先以实体的形式把钣金的大概形状画出来，然后再把它转换为钣金，下面看一个转换钣金的实例。

STEP 1 打开本书提供的素材文件 8-2-2.SLDPRT，如图 8-10 左图所示，单击“钣金”工具栏中的“转换到钣金”按钮，打开“转换到钣金”属性管理器，如图 8-10 中图所示，并选择素材文件的上表面作为钣金的固定面，如图 8-10 右图所示。



图 8-10　“转换到钣金”操作 1

STEP 2 切换到“折弯边线”卷展栏，并顺次选择 5 条边线，再切换到“切口草图”卷展栏，并选择“草图 3”作为生成切口的草图实体，其他选项保持系统默认设置，单击“确定”按钮即可将此实体转换为钣金，如图 8-11 所示。

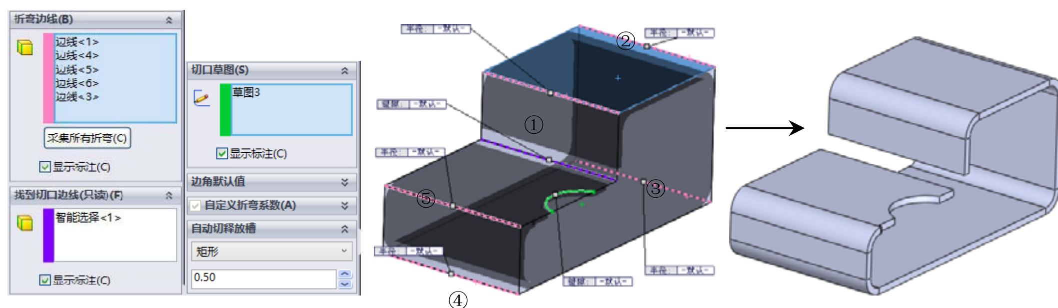


图 8-11　“转换到钣金”操作 2

8.2.3 边线法兰

“边线法兰”是指以已创建的钣金特征为基础，将某条边进行拉长和延伸，并弯曲，从而形成的新钣金特征（可以使用预定义的图形，也可以草绘延伸截面的形状）。

如图 8-12 所示，单击“钣金”工具栏中的“边线法兰”按钮，打开“边线-法兰”属性管理器，选择基体钣金一侧的边线，设置法兰长度和折弯半径等参数，单击“确定”按钮即可在基体钣金选中的边线处创建法兰。

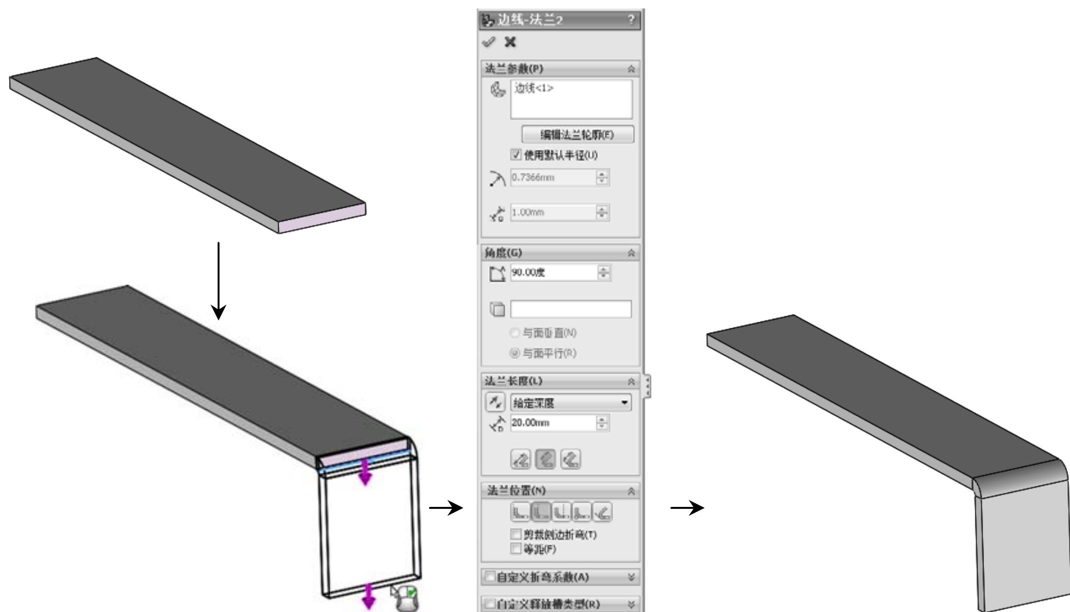


图 8-12　创建“基体-法兰/薄片”

在创建“边线法兰”的过程中，单击“边线-法兰”属性管理器“法兰参数”卷展栏中的“编辑法兰轮廓”按钮，通过拖动边线、添加约束和尺寸等可定义边线法兰的形状，如图 8-13 所示。

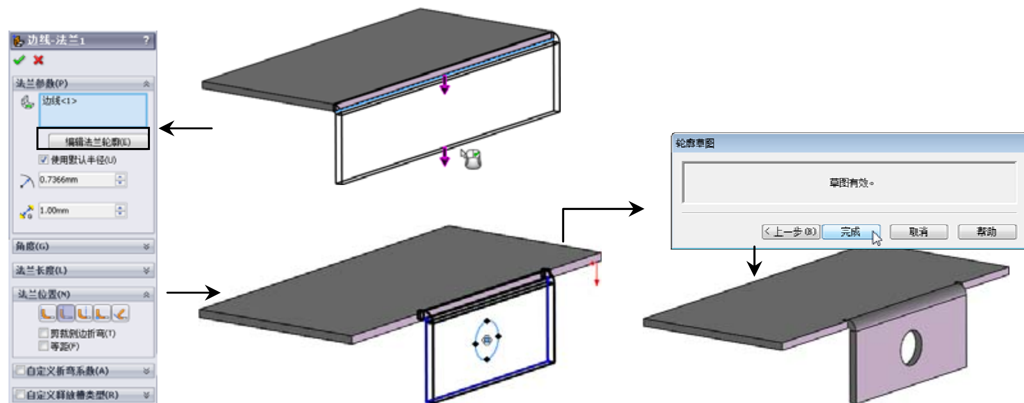


图 8-13　创建自定义形状“边线法兰”

通过上面图例我们可知：在“边线法兰”属性管理器中，单击“编辑法兰轮廓”按钮可以创建自定义形状的边线法兰（此时要求轮廓的一条草绘直线必须位于生成边线法兰时所选择的边线上）；取消“使用默认半径”复选框的选中状态可以自定义折弯半径。

下面解释一下“边线法兰”属性管理器中其他选项的作用：

➢ “缝隙距离”文本框：当所选择的两条边线相邻时，用于设置两个边线法兰间的距离，如图 8-14 所示。

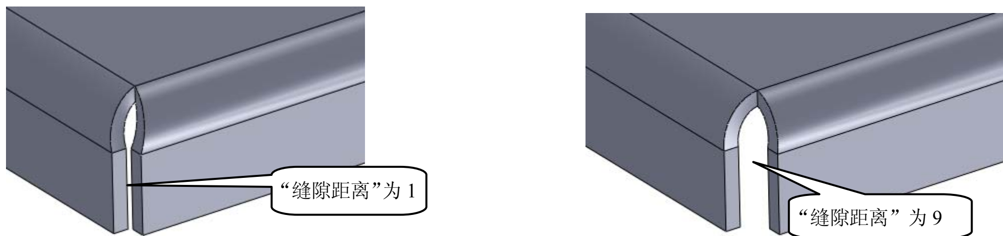


图 8-14 创建自定义形状“边线法兰”

➢ “角度”卷展栏和“法兰长度”卷展栏：分别用于设置法兰壁与基体法兰的角度和法兰的长度，如图 8-15 所示。只是在设置法兰长度时，有三种测量方式：“外部虚拟交点”、“内部虚拟交点”的作用如图 8-16 所示，“双弯曲”是指以折弯弧线相切位置作为法兰长度的计算边界，此处不再做过多解释。



图 8-15 角度”卷展栏和“法兰长度”卷展栏的作用

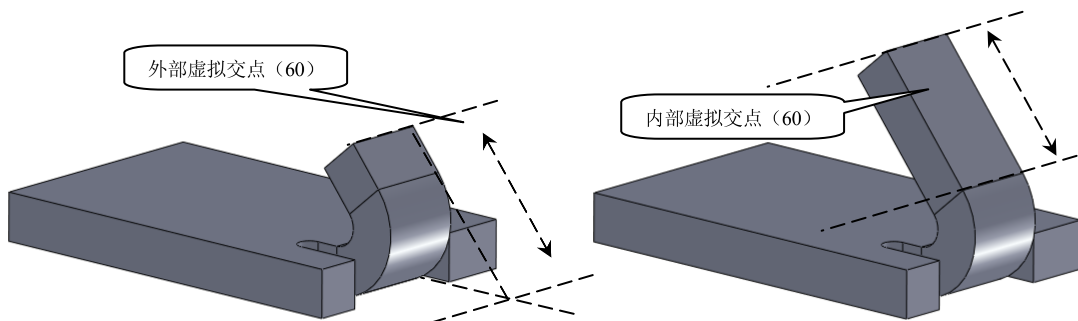


图 8-16 法兰长度的度量方式

➢ “法兰位置”卷展栏：用于设置法兰嵌入基础钣金材料的类型，共有 5 种类型，其作用如下。

- “材料在内”：此方式下所创建的法兰特征将嵌入到钣金材料的里面，即法兰特征的外侧表面与钣金材料的折弯边位置平齐，如图 8-17 左上图所示。

- “材料在外”：此方式下所创建的法兰特征其内侧表面将与钣金材料的折弯边位置平齐，如图 8-17 右上图所示。
- “折弯在外”：此类型下所创建的法兰特征将附加到钣金材料的折弯边的外侧，如图 8-17 左下图所示。
- “虚拟交点的折弯”：此类型下所创建的法兰特征与原钣金材料的交点永远位于底部的边线，如图 8-17 右下图所示。
- “与折弯相切”：所创建的法兰特征的弯折面与基体法兰原连接面（端面）相切（可自行尝试一下）。

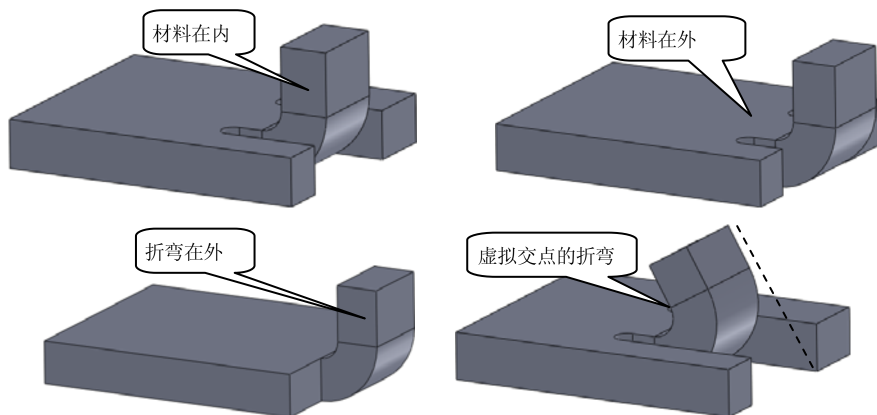


图 8-17　法兰嵌入钣金材料的类型

此外，选择“剪裁侧边折弯”复选框将移除邻近法兰的多余材料，如图 8-18 左图和中图所示；选择“距离”复选框可以设置法兰距离侧边的长度，如图 8-18 右图所示。

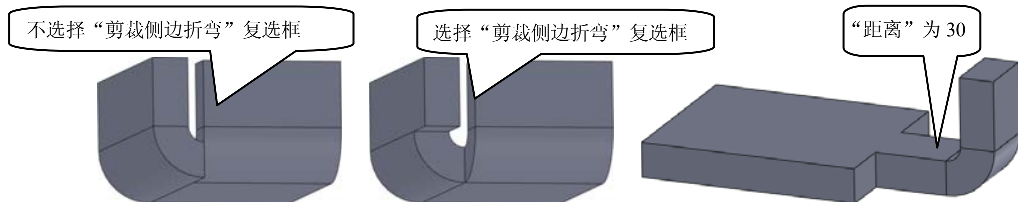


图 8-18　“剪裁侧边折弯”和“距离”复选框的作用

➢ “自定义折弯系数”和“自定义释放槽类型”卷展栏在前面章节中已做过讲述，只是在创建边线法兰并选择创建“撕裂形”释放槽时，可以选择“撕裂形”释放槽为“切口”或“延伸”形式，其作用如图 8-19 所示。

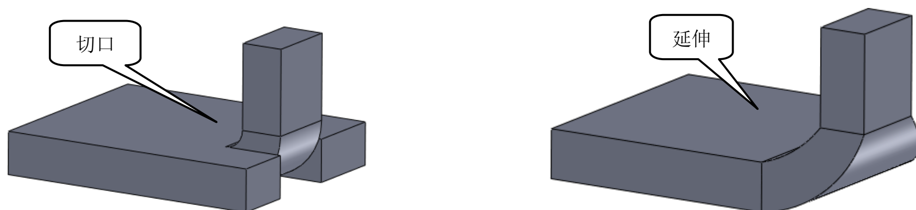


图 8-19　“切口”和“延伸”形式撕裂形释放槽

8.2.4 斜接法兰

利用“斜接法兰”工具可以在指定边处，沿指定的路径进行弯边处理。如图 8-20 所示，单击“钣金”工具栏中的“斜接法兰”按钮，首先在钣金的侧面绘制一草图，完成后打开“斜接法兰”属性管理器（此处各选项保持系统默认设置），单击“确定”按钮即可创建斜接法兰特征。

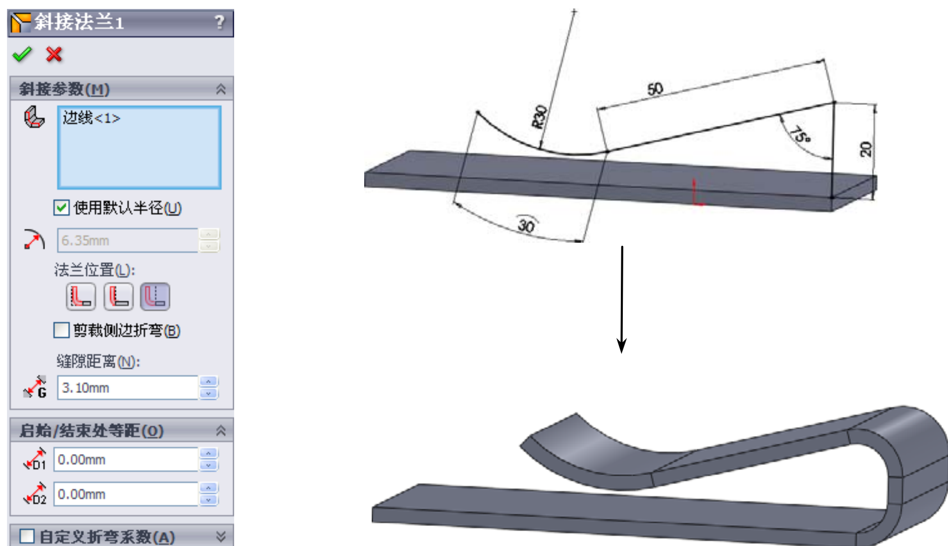


图 8-20 创建“斜接法兰”特征

在“斜接法兰”属性管理器中，“斜接参数”卷展栏中的多数选项在前面章节已做过解释，需要注意的是当选择多条斜接边线时，“缝隙距离”文本框用于设置多条边线所延伸出的斜接法兰间的缝隙距离，如图 8-21 左图和中图所示。“起始/结束处等距”卷展栏用于设置斜接法兰距离两个侧边的距离，如图 8-21 右图所示。

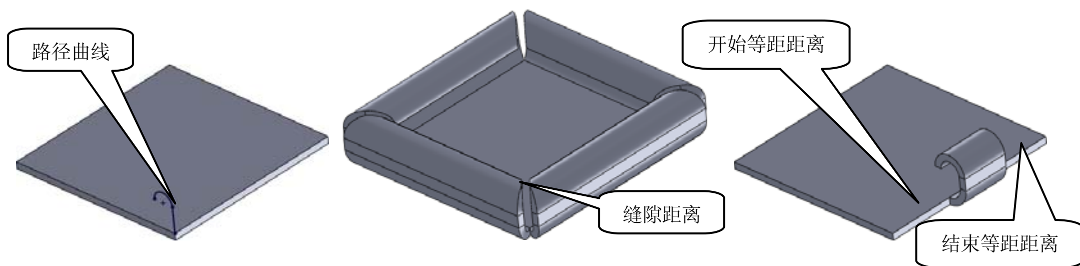


图 8-21 “斜接法兰”的两个特性

8.2.5 褶边

所谓“褶边”是指将钣金的折弯边卷曲到表面上所形成的法兰特征，共有 4 种“褶边”类型，如图 8-22 所示。单击“钣金”工具栏中的“褶边”按钮，再选择任一钣金边线可进行“褶边”操作。

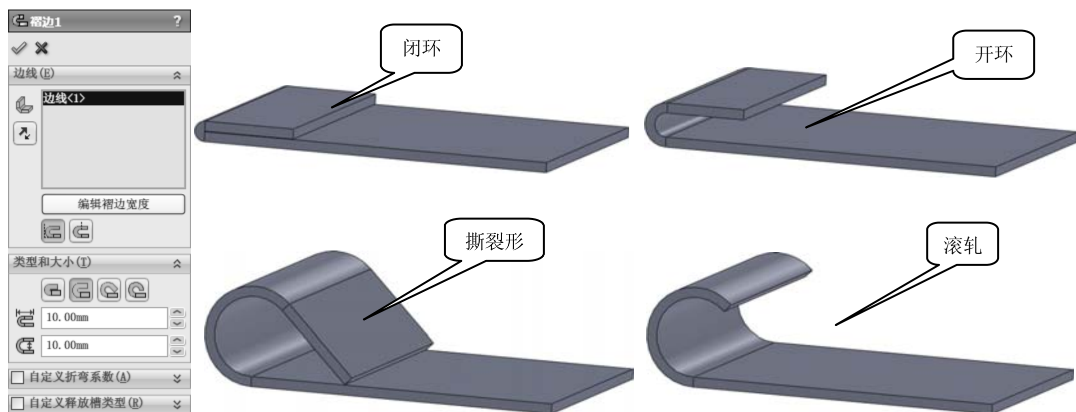


图 8-22 “卷边弯边”的类型



“褶边”钣金特征也具备编辑边线长度的功能，单击“编辑褶边宽度”按钮可以对褶边的长度进行编辑，并可自定义释放槽类型，令其在功能上有些类似于边线法兰。

8.2.6 转折

“转折”是指在转折线处提升材料，并在提升侧两端添加弯边。单击“钣金”工具栏中的“转折”按钮，绘制转折线并选择固定面后可执行“转折”操作，如图 8-23 所示。

在“转折”属性管理器中，“转折等距”卷展栏提供了多种计算“尺寸位置”的方式，在“转折位置”卷展栏中提供了多种转折位置的计算方式，用户可根据需要进行选择。取消选择“转折等距”卷展栏中“固定投影长度”复选框的选中状态，系统将只执行转折操作，而不在转折处添加材料。

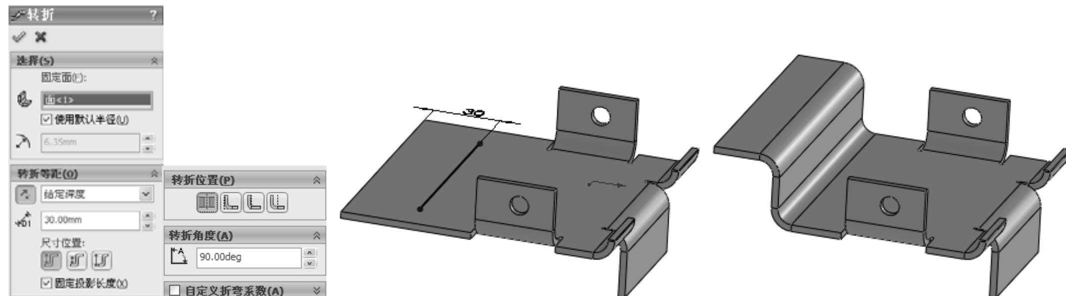


图 8-23 “转折”操作

8.2.7 放样的折弯

“放样的折弯”类似于本书前面讲述的“放样”特征，相当于将两个截面曲线进行放样连接而得到放样钣金特征，如图 8-24 所示（单击“放样的折弯”按钮可执行此操作）。





图 8-24 “放样的折弯”操作

实例精讲——连接杆的钣金设计

下面设计一个连接杆以熟悉钣金设计，实例效果如图 8-25 所示。

【制作分析】

本实例将首先绘制连接杆基本草图，然后通过基体-法兰/薄片、边线法兰、斜接法兰、转折等钣金操作实现连接杆的创建。

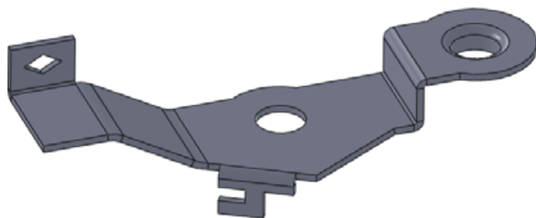


图 8-25 连接杆效果

【制作步骤】

STEP 1 新建一零件文件，单击“钣金”工具栏中的“基体-法兰/薄片”按钮，选择前视基准面绘制一如图 8-26 左图所示的轮廓草图，设置钣金厚度为 3，如图 8-26 中图所示，单击“确定”按钮创建基体钣金，如图 8-26 右图所示。

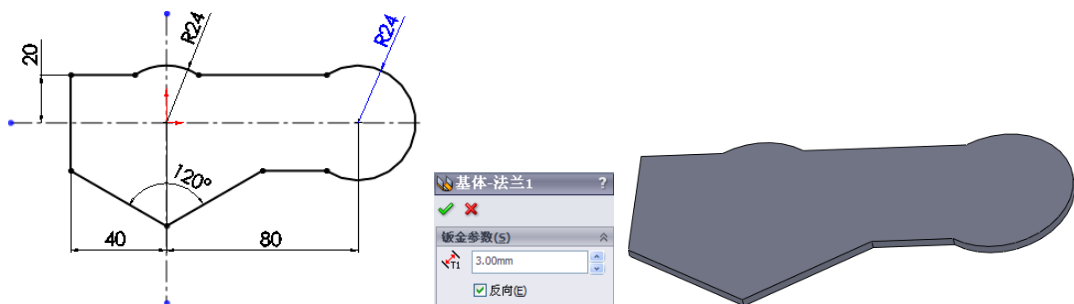


图 8-26 创建基体钣金

STEP 2 单击“钣金”工具栏中的“边线法兰”按钮，选择钣金左侧凸起的下端边线，打开“边线-法兰”属性管理器，如图 8-27 左图所示，设置折弯半径为 1，法兰长度为 20，法兰位置为“折弯在外”，再单击“编辑法兰轮廓”按钮，将法兰的轮廓曲线定义为如图 8-27 中图所示的草绘图形，单击“确定”按钮生成如图 8-27 右图所示边线法兰。



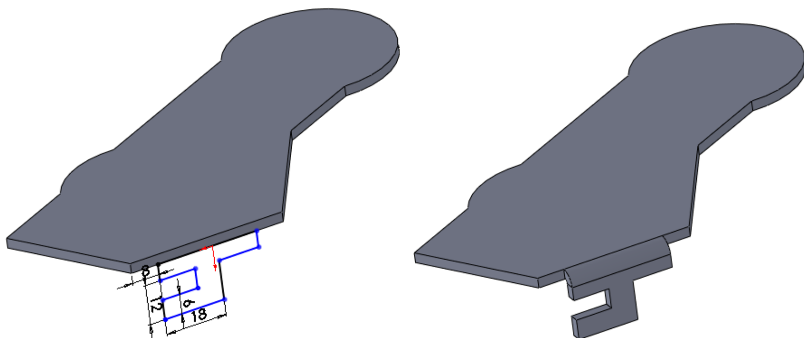


图 8-27 创建轮廓线定义的边线法兰

STEP 3 单击“钣金”工具栏中的“转折”按钮，绘制一如图 8-28 左图所示的竖直直线，完成草图后，再在“转折”属性管理器中（如图 8-28 中图所示）设置“转折半径”为 1，将“转折距离”设置为 20，“固定面”设置为左侧钣金的上表面，单击“确定”按钮完成转折操作，效果如图 8-28 右图所示。

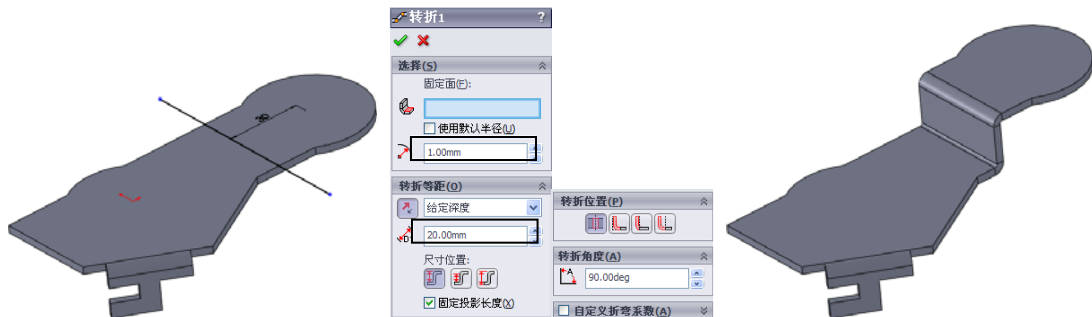
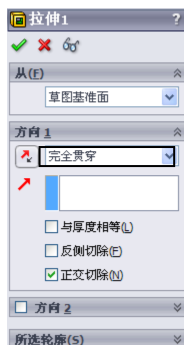


图 8-28 创建转折

STEP 4 单击“钣金”工具栏中的“拉伸切除”按钮，以“完全贯穿”方式在钣金基体上拉伸切除出一圆形的孔，如图 8-29 所示。





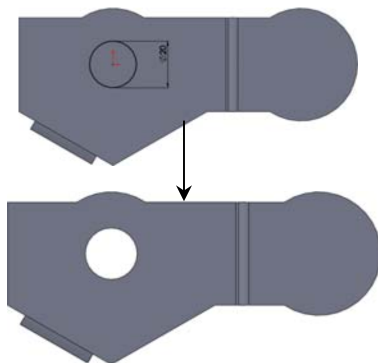
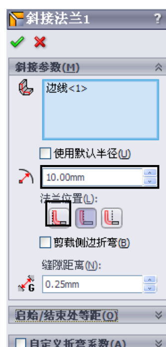


图 8-29　拉伸切除钣金

STEP 5 单击“钣金”工具栏中的“斜接法兰”按钮，选择钣金基体靠近圆弧面的侧面，绘制一如图 8-30 右上图所示的草绘图形，再在“斜接法兰”属性管理器中（如图 8-30 左图所示）设置“折弯半径”为 10，法兰位置设置为“材料在外”，单击“确定”按钮绘制斜接法兰，效果如图 8-30 右下图所示。



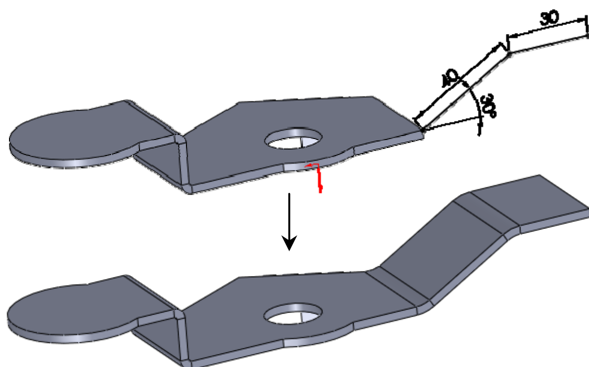


图 8-30　创建斜接法兰

STEP 6 单击“钣金”工具栏中的“边线法兰”按钮，选择步骤 5 创建的“斜接法兰”的最外侧边线，设置法兰长度为 20，折弯半径为 1，单击“确定”按钮创建边线法兰，如图 8-31 所示。



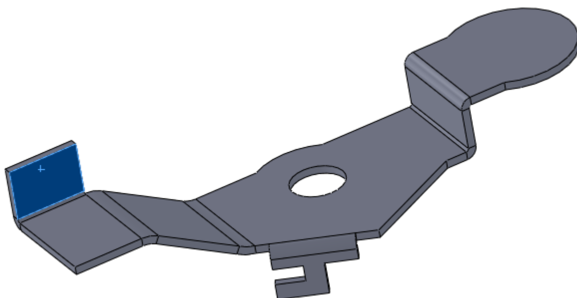


图 8-31　创建边线法兰

STEP 7 单击“钣金”工具栏中的“拉伸切除”按钮，选择步骤 6 中创建的边线法兰的内表面为草绘面，绘制如图 8-32 左图所示的草绘图形为切除轮廓，完成草绘打开“拉伸”属性管理器，如图 8-32 中图所示，设置“终止条件”为完全贯穿，然后单击“确定”按钮拉伸切除出如图 8-32 右图所示的切口。

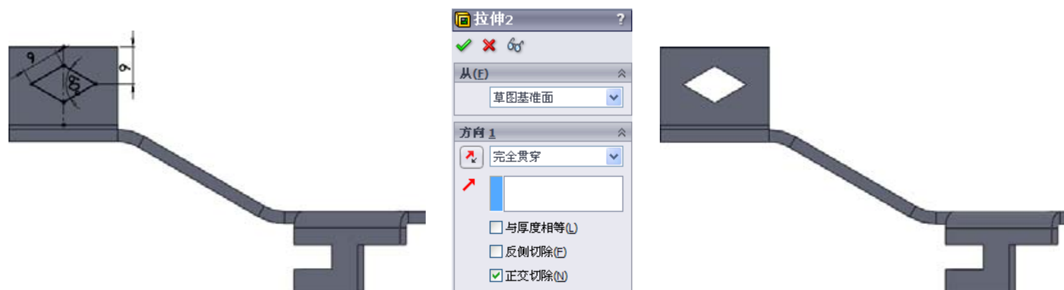


图 8-32　拉伸切除钣金

STEP 8 单击右侧“设计库”中的“添加文件位置”按钮，在弹出的对话框中选择添加本书素材文件夹，再右击添加的文件位置选择“成形工具文件夹”菜单，将此文件夹设置为成形工具文件夹，如图 8-33 所示。

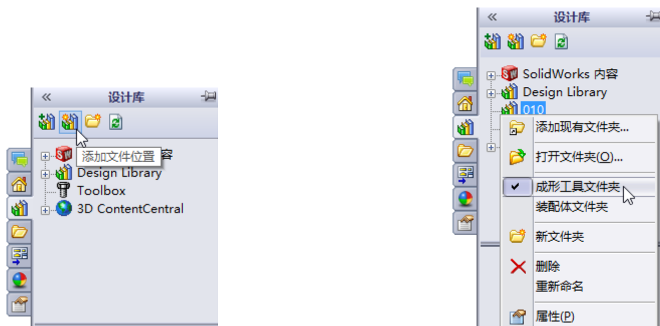


图 8-33　定义成形工具

STEP 9 选中新添加的成形工具文件夹，如图 8-34 左图所示，拖动此文件夹中的“工具1”文件到模型右端的表面上，在此表面显示出成形工具的大体位置和轮廓，如图 8-34 右图所示。

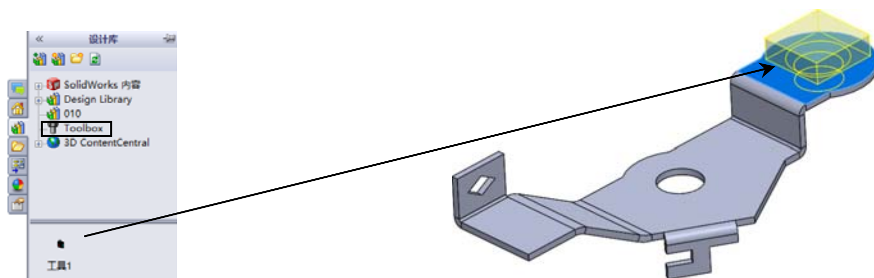


图 8-34　拖动成形工具

STEP 10 系统打开“成形工具特征”属性管理器，切换到“位置”选项卡，为成形工具的轮廓线与钣金外侧的圆形轮廓设置“同圆心”约束，以确定成形工具的位置，单击“确定”按钮，使用成形工具对模型进行冲压除料，完成整个模型的创建，如图 8-35 所示。

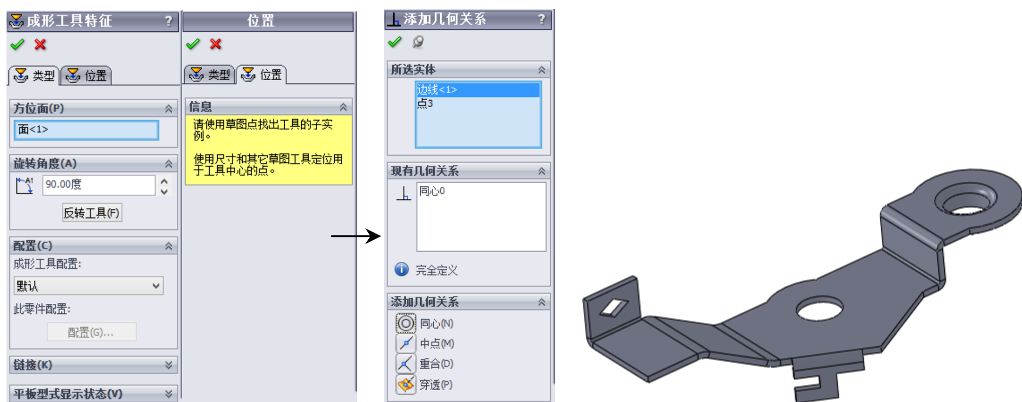


图 8-35 定义成形工具的位置

8.3 钣金编辑

本节讲解钣金的编辑特征，所添加的特征并不产生新的钣金实体，而是对原有实体进行的附加操作，以令钣金成型或将钣金展开等。

8.3.1 绘制的折弯

“绘制的折弯”是指将现有的钣金件沿折弯线的位置进行任意角度的弯曲变形，所形成的弯边特征（折弯线只能是直线），如图 8-36 所示（单击“钣金”工具栏中的“绘制的折弯”按钮可执行此操作）。

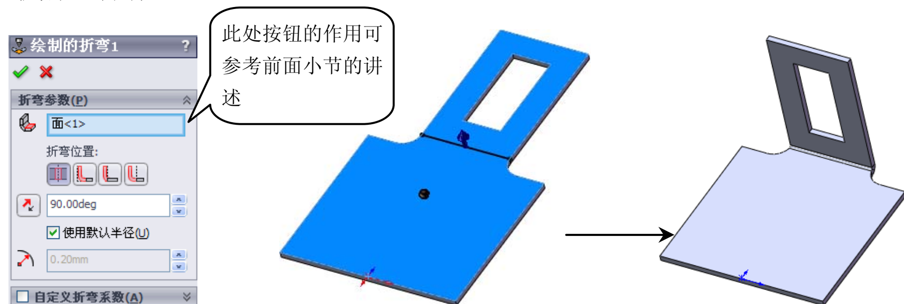


图 8-36 “绘制的折弯”操作

8.3.2 闭合角

所谓“闭合角”是指在两个相邻的折弯或类似折弯处进行连接操作，如图 8-37 所示。单击“钣金”工具栏中的“闭合角”按钮，然后选择两个相邻的弯边（分别为“要延伸的面”和“要匹配的面”），并设置相关参数即可执行“闭合角”操作。

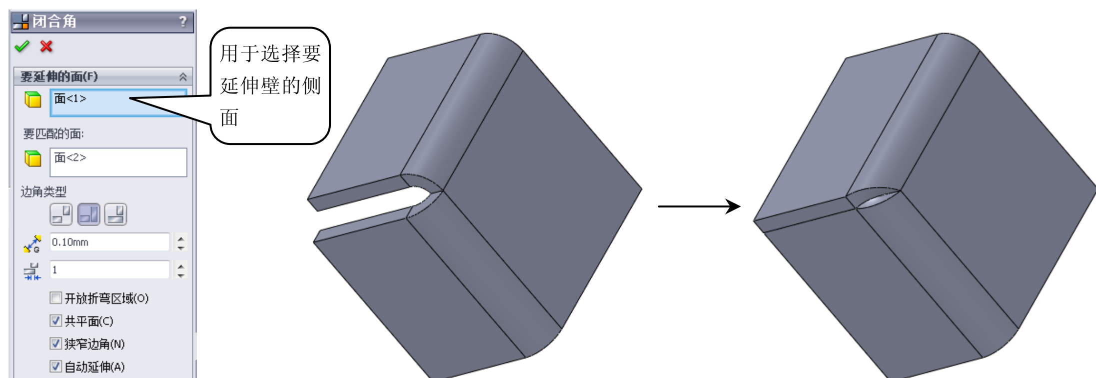


图 8-37　绘制“闭合角”操作

下面介绍一下“闭合角”对话框中相应选项的作用，具体如下。

- “对接”边角类型：定义两个侧面（延伸壁）只是相接，如图 8-38 左图所示。
- “重叠”边角类型：定义两个延伸壁延伸到相互重叠，一个延伸壁位于另一个延伸壁之上，如图 8-38 左中图所示。
- “欠重叠”边角类型：也被称为“重叠在下”，用于定义两个延伸壁相互重叠，但是令两个延伸壁的位置互换，如图 8-38 右中图所示。
- “缝隙距离”文本框：用于定义两个延伸钣金壁间的距离。
- “重叠/欠重叠比率”文本框：用于定义两个延伸钣金壁间的延伸长度的比例。
- “开放折弯区域”复选框：用于定义折弯的区域是开放还是闭合，如图 8-38 右图所示为选中此复选框时钣金闭合角的开放样式。
- “共平面”复选框：取消此复选框的勾选，所有共平面将会被选取。

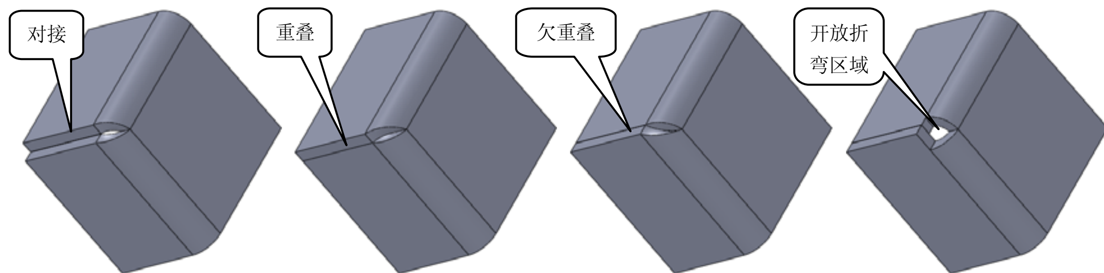


图 8-38　“闭合角”属性管理器各个选项的作用

- “狭窄边角”复选框：使用特殊算法以缩小折弯区域中的缝隙。实际上选中此复选框后，位于“要匹配的面”处的折弯面将向“要延伸的面”弯折。
- “自动延伸”复选框：选中此复选框后选择“要延伸的面”将自动选择“要匹配的面”，否则需要单独设置每个面。

8.3.3 焊接的边角

所谓“焊接的边角”是指在钣金闭合角的基础上，对钣金的边角进行焊接，以令钣金形成密实的焊接角，如图 8-39 所示。单击“钣金”工具栏中的“焊接的边角”按钮，然后选

择一个闭合角的面，单击“确定”按钮，即可执行“焊接的边角”操作。

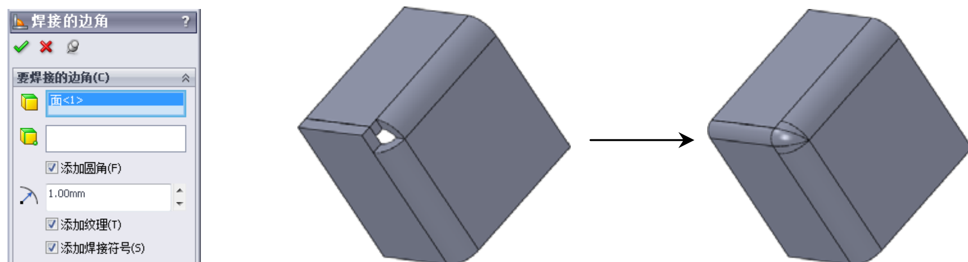


图 8-39　“焊接的边角”操作

“焊接的边角”属性管理器中“添加纹理”和“添加焊接符号”复选框用于为焊接的边角添加纹理和添加焊接符号，如图 8-40 左图所示。停止点用于选择顶点、面或一条边线来指定“焊接的边角”的停止面，如图 8-40 中图和右图所示。

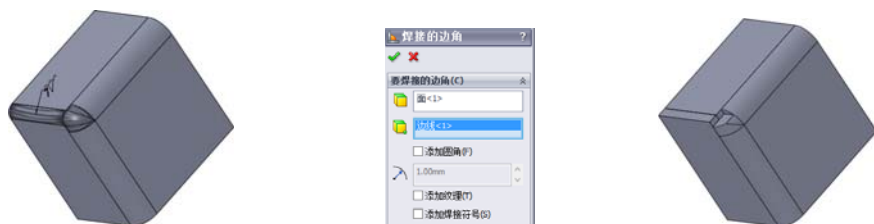


图 8-40　“焊接的边角”卷展栏中各选项的作用

8.3.4 断开边角/边角剪裁

所谓“断开边角/边角剪裁”是指对平板或弯边的尖角进行倒圆或倒斜角处理。单击“钣金”工具栏中的“断开边角/边角剪裁”按钮，打开“断开边角”对话框，如图 8-41 所示，设置了折断类型（“圆角”或“倒斜角”）和倒角的“半径”（或“距离”）值后，单击选择要进行倒角的边（或某个钣金面），即可完成倒角操作。

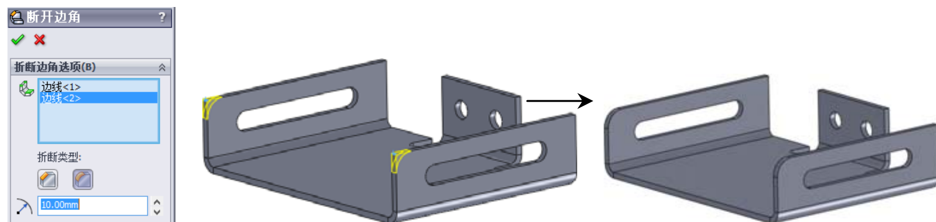


图 8-41　“断开边角/边角剪裁”操作



可以选择某个钣金面进行倒角操作，此时系统将自动判断此面中可以进行的倒角部分，并按设置的参数对所有角进行倒角，如图 8-42 所示。

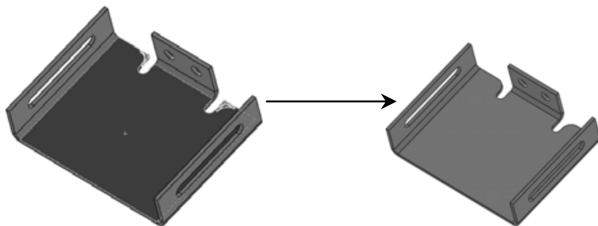


图 8-42 选择“面”进行的倒角操作

8.3.5 展开与折叠

所谓“展开”操作就是以成形的钣金部件为基础创建一个展开的平面特征，主要用于制作钣金件的平面图。

单击“钣金”工具栏中的“展开”按钮，打开如图 8-43 左图所示的“展开”对话框，然后单击选择钣金部件的任意平整面作为“固定面”，单击“确定”按钮即可将钣金件展开，如图 8-43 中图和右图所示。

单击“钣金”工具栏中的“折叠”按钮，可以将展开的钣金重新进行折叠。另外单击“钣金”工具栏中的“展开”按钮，可以在钣金的“展开”状态和“折叠”状态间进行切换。

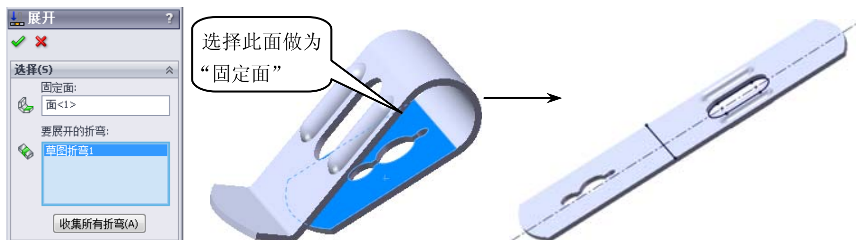


图 8-43 创建平面展开图

8.3.6 切口与折弯

通过为具有相同厚度的实体进行“切口”操作创建钣金切口，再通过“折弯”操作创建钣金的弯边可以将实体转换为钣金，下面看一个操作实例。

STEP 1 打开本书提供的素材文件 8-2-6.SLDPRT，如图 8-44 左图所示，单击“钣金”工具栏中的“切口”按钮，打开“切口”属性管理器，如图 8-44 中图所示，选择切口边线，并设置“切口缝隙”，单击“确定”按钮即可创建切口，如图 8-44 右图所示。



图 8-44 创建“切口”



STEP 2 单击“钣金”工具栏中的“折弯”按钮，打开“折弯”属性管理器，选择“固定面”，设置“折弯半径”和“自动切释放槽”的类型，单击“确定”按钮即可创建折弯（此时从左侧的模型树中可以发现当前模型已被转换为钣金），如图 8-45 所示。

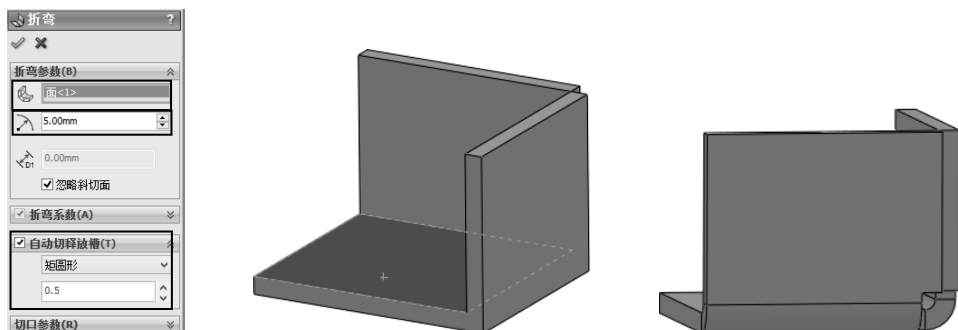


图 8-45 创建“折弯”

8.3.7 成形工具

“成形工具”按钮用于创建用于对钣金进行冲压的实体工具。首先创建一实体，然后单击“钣金”工具栏中的“成形工具”按钮，打开“成形工具”对话框，如图 8-46 左图所示，选择进行冲压的“停止面”和冲压后的移除面，单击“确定”按钮，即可创建用于实体冲压的“成形工具”，如图 8-46 中图所示。

将“成形工具”文件所在的文件夹添加到设计库中，并将此文件夹设置为“成形工具文件夹”，然后将定义的成形工具拖动到钣金面上，再设置好成形工具的位置，即可对钣金进行冲压（可参见 8.3 节中的操作）。

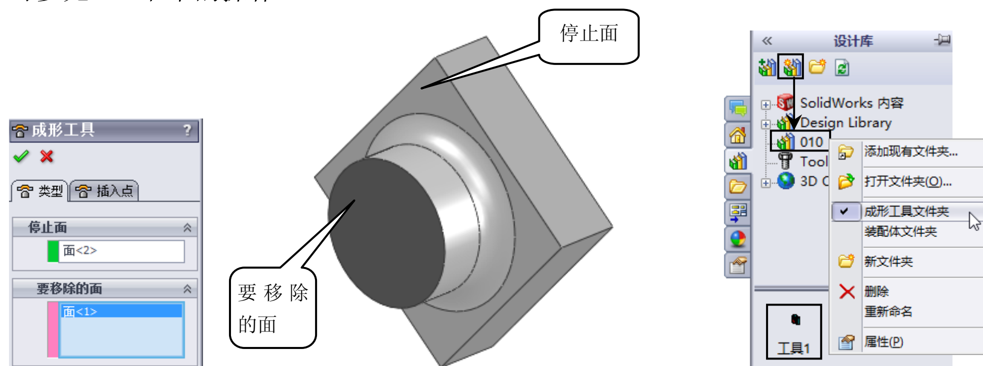


图 8-46 创建“成形工具”

实例精讲——硬盘架的钣金设计

下面设计一个“硬盘架”以熟悉前面学习的钣金知识，实例效果如图 8-47 所示。

【制作分析】

本实例将首先创建硬盘架的基体，然后通过“拉伸切除”“成形工具”“法兰”和“通风

口”等工具对基体进行处理，完成硬盘架的创建。

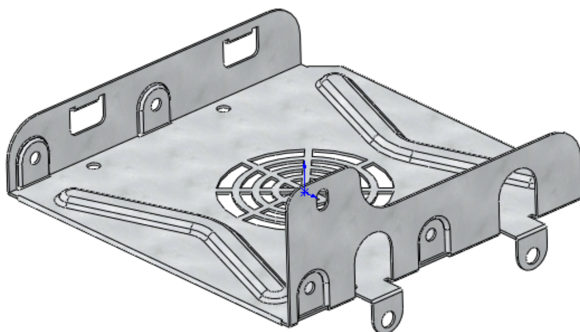
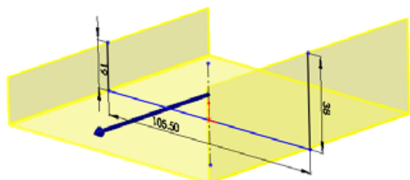


图 8-47 要创建的“硬盘架”模型

【制作步骤】

STEP 1 新建一零件文件，单击“钣金”工具栏中的“基体-法兰/薄片”按钮，选择前视基准面绘制一如图 8-48 中图所示的草绘图形，设置“基体法兰”的各项参数，如图 8-48 左图所示，单击“确定”按钮创建硬盘架基体，如图 8-48 右图所示。





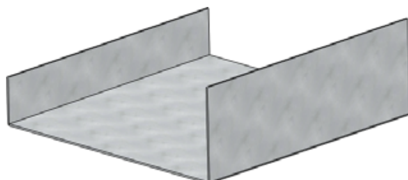
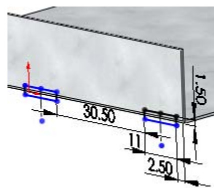


图 8-48 创建硬盘架基体

STEP 2 单击“钣金”工具栏中的“拉伸切除”按钮，选择硬盘架基体一侧的外表面，创建一如图 8-49 中图所示的草绘图形，设置“拉伸切除”的深度为 1.5，如图 8-49 左图所示，单击“确定”按钮拉伸切除出硬盘架的切口，如图 8-49 右图所示。





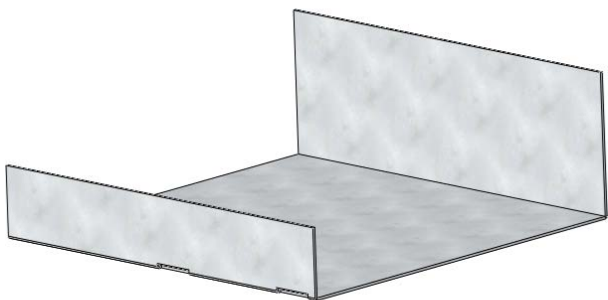


图 8-49 拉伸切除出硬盘架的切口



STEP 3 设置本书提供的素材文件夹 010SC 为成形工具文件夹，拖动“筋凸台工具 1”到钣金一侧的外表面上，并定义其位置，对钣金进行“压凹”处理，如图 8-50 所示。

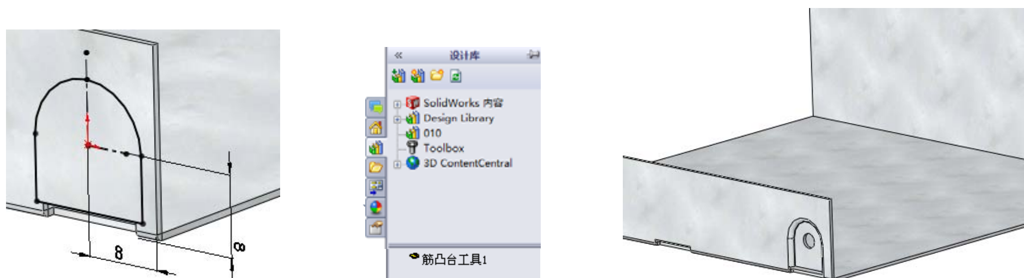


图 8-50　使用成形工具进行“压凹”处理

STEP 4 以 41.50 为间距对步骤 3 中创建的“压凹”特征进行阵列处理，再选择右视基准面对两个“压凹”特征和拉伸切除特征进行镜像处理，如图 8-51 所示。

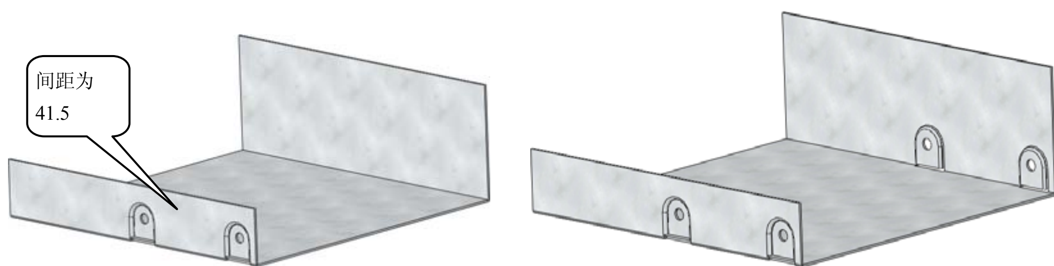


图 8-51　阵列并镜像压凹

STEP 5 单击“钣金”工具栏中的“拉伸切除”按钮，选择钣金一侧的面绘制一如图 8-52 右上图所示的草绘图形，设置“拉伸切除”的深度为 3，如图 8-52 左图所示，单击“确定”按钮对硬盘架的一边特征进行修剪，如图 8-52 右下图所示。

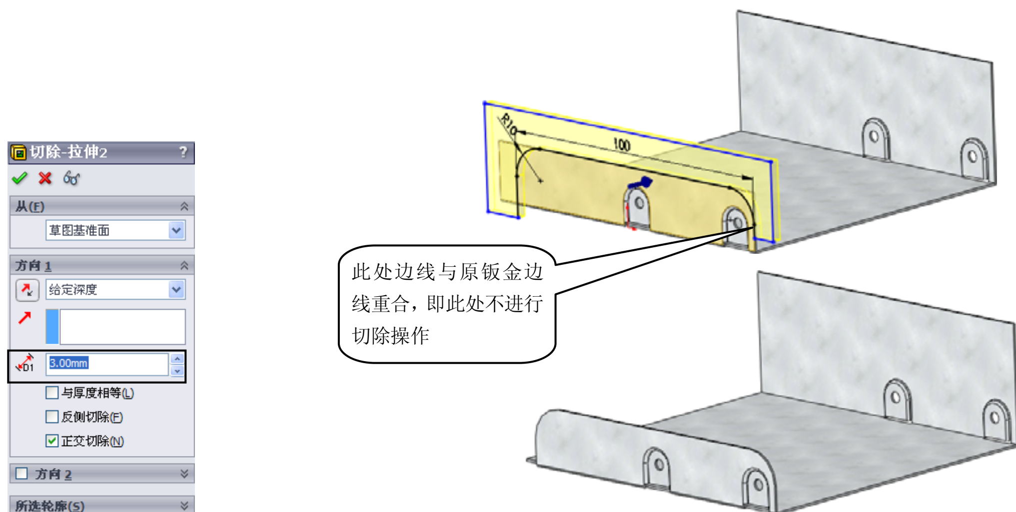


图 8-52　对硬盘架的一边进行拉伸切除

STEP 6 绘制如图 8-53 左图所示的草绘图形，单击“拉伸切除”按钮，在钣金的一侧边上切除出以草绘图形为轮廓的切口，如图 8-53 右图所示。

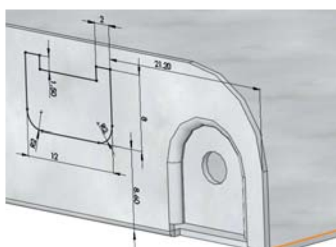
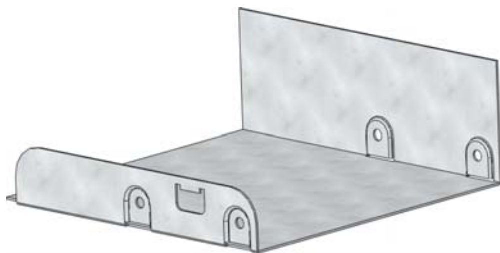
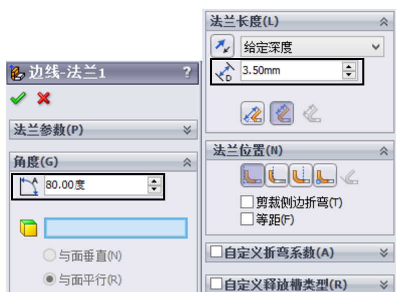



图 8-53　拉伸切除硬盘架一侧的切口

STEP 7 单击“钣金”工具栏中的“边线法兰”按钮，选择步骤 6 中创建的切口上端的内侧边线，创建折弯角度为 80°，长度为 3.5 的边线法兰特征（其他选项保持系统默认），如图 8-54 所示。



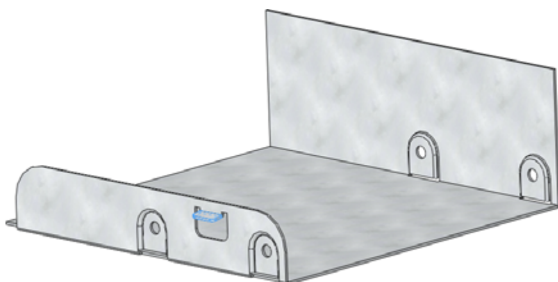


图 8-54　创建边线法兰

STEP 8 单击“钣金”工具栏中的“拉伸切除”按钮，绘制一如图 8-55 右上图所示的草绘图形，拉伸切除的深度设置为 2，如图 8-55 左图所示，对硬盘架的另外一边进行拉伸切除操作，如图 8-55 右下图所示。



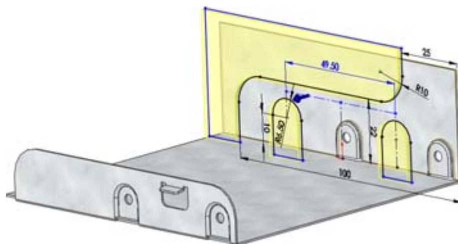
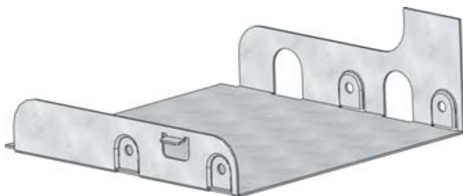



图 8-55　对硬盘架的另外一边进行拉伸切除

STEP 9 在硬盘架的上表面创建一如图 8-56 左图所示的草绘图形，单击“钣金”工具栏中的“基体-法兰/薄片”按钮，选择此草绘图形为硬盘架添加一向外凸出的薄片，如图 8-56 右图所示。

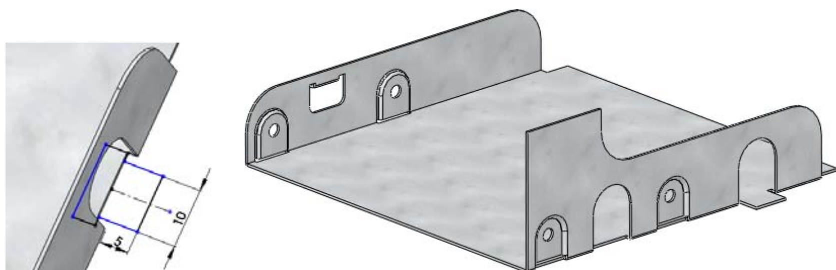


图 8-56　创建自定义形状的实体薄片

STEP 10 单击“钣金”工具栏中的“边线法兰”按钮，选择步骤 9 中绘制的薄片的下边线，创建角度为 90° 的自定义法兰轮廓形状的边线法兰特征，如图 8-57 所示（法兰形状详见右上角放大图）。

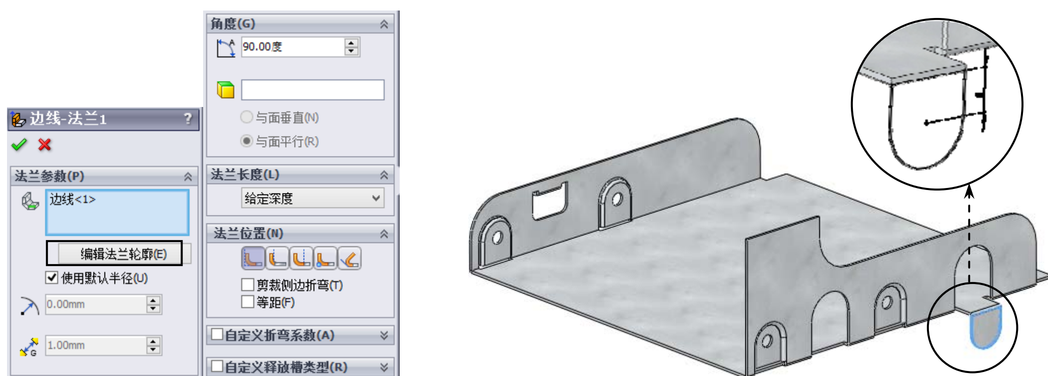


图 8-57　创建边线法兰

STEP 11 单击“钣金”工具栏中的“拉伸切除”按钮，选择步骤 10 中创建的自定义形状法兰的外表面，绘制一如图 8-58 左图所示的草绘图形，以“与厚度相等”方式，切除出此处的“螺钉孔”。

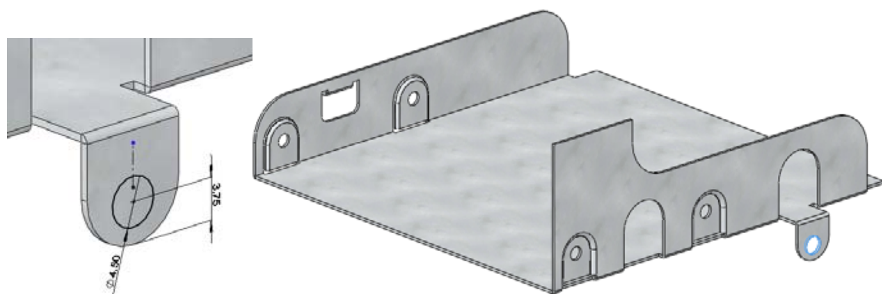


图 8-58　在边线法兰上创建“螺钉孔”

STEP 12 在设计库中设置本书提供的素材文件夹 010SC 为“成形工具文件夹”，拖动“筋凸台工具 2”到底面钣金的外表面上，并定义其位置，对钣金进行“压凹”处理，如图 8-59 所示。

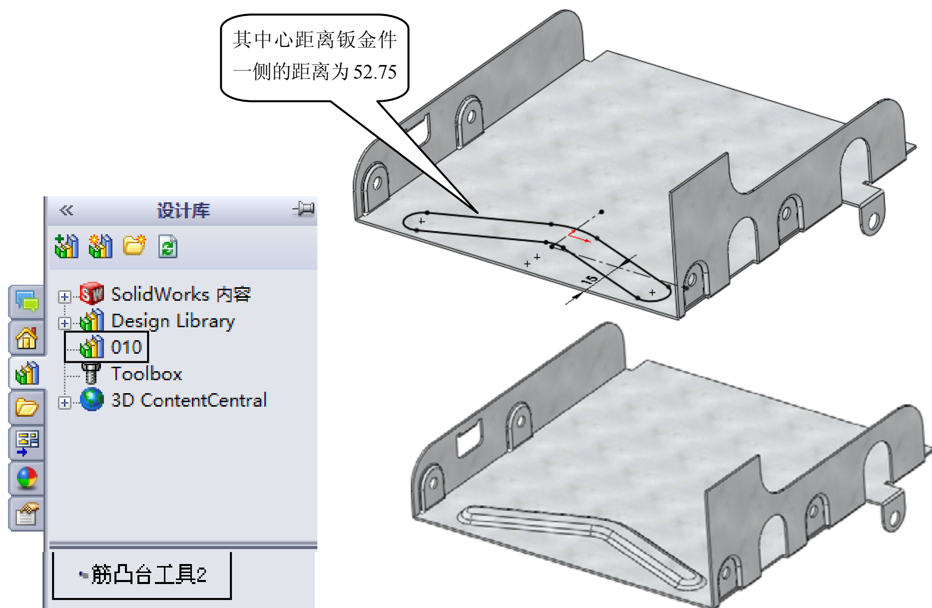


图 8-59　使用“成形工具”创建硬盘架的凸出筋

STEP 13 以“前视基准面”为镜像面对“钣金”的多个特征（包括“筋凸台工具 2”“薄片和其连接的边线法兰以及拉伸切除特征”“拉伸切除特征和其连接的边线法兰”）进行镜像处理，如图 8-60 所示。

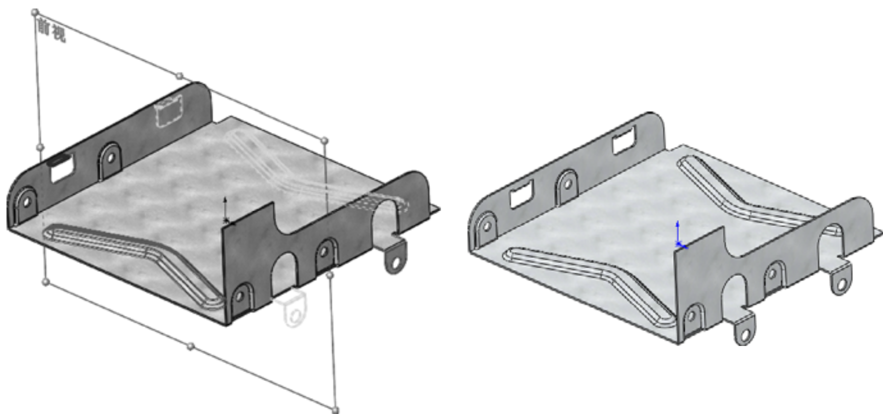


图 8-60　镜像凸出筋和其他特征

STEP 14 在模型的上表面上绘制如图 8-61 右上图所示的草绘图形，选择“插入”>“扣合特征”>“通风口”按钮，选择草绘图形最外侧的圆弧为“边界”，选择所有直线为“筋”，选择内部圆弧为“翼梁”（宽度均为 2，如图 8-61 左图所示），创建“通风口”，如图 8-61 右下图所示。



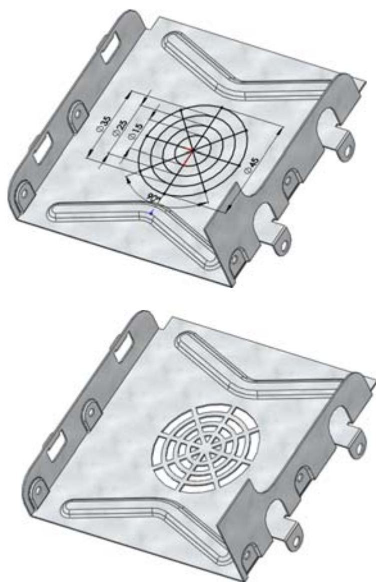
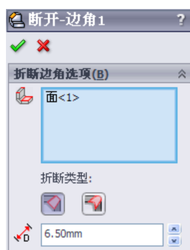


图 8-61　创建硬盘架的“通风口”

STEP 15 单击“钣金”工具栏中的“断开边角/边角剪裁”按钮，选择钣金右侧尖角创建长度为 6.5 的倒角，如图 8-62 左边两个图所示，再拉伸切除出距离钣金内侧为 4.3，大小为 3.5 的四个孔，如图 8-62 右图所示。



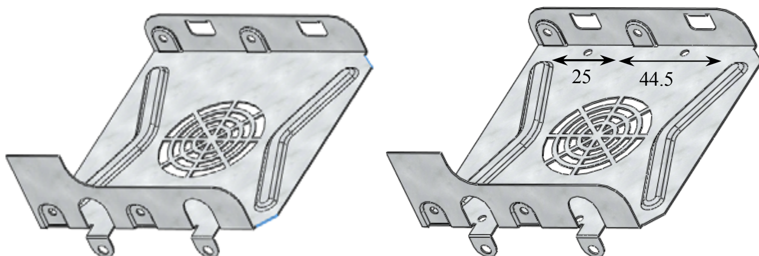


图 8-62　进行“断开边角/边角剪裁”处理并进行切除处理

STEP 16 拉伸切除出距离侧面距离为 2.85，距离下侧边界距离为 0.8，宽度为 0.2 的关于“右视基准面”对称的两个切口，如图 8-63 所示。

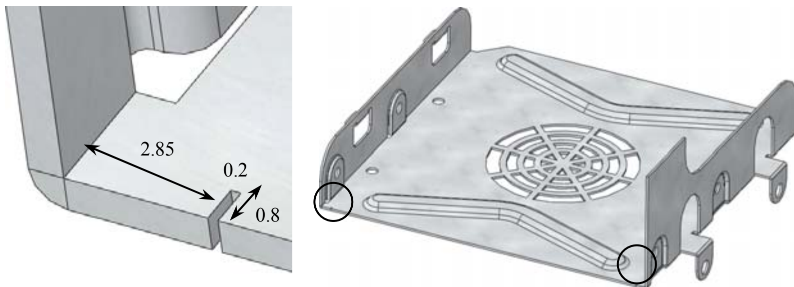


图 8-63　进行拉伸切除处理

STEP 17 单击“钣金”工具栏中的“褶边”按钮，分别选择钣金的两侧边线进行“褶边”处理（都选择“材料在内”和“闭环”方式，褶边长度均为 2.5），如图 8-64 所示。



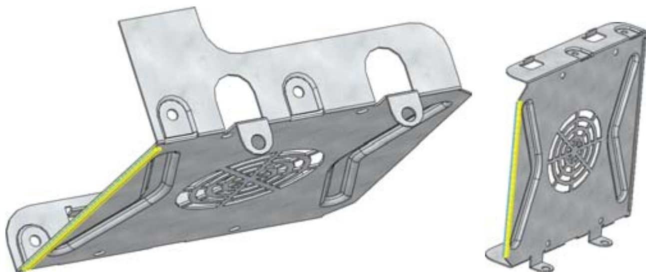


图 8-64　创建褶边

STEP 18 单击“钣金”工具栏的“断开边角/边角剪裁”按钮，以 5 为半径对硬盘架最顶部的两个钣金角进行圆角处理，再绘制如图 8-65 中图所示的草绘图形，对钣金进行切除处理创建顶部用于固定的洞口，效果如图 8-65 右图所示，完成模型创建。

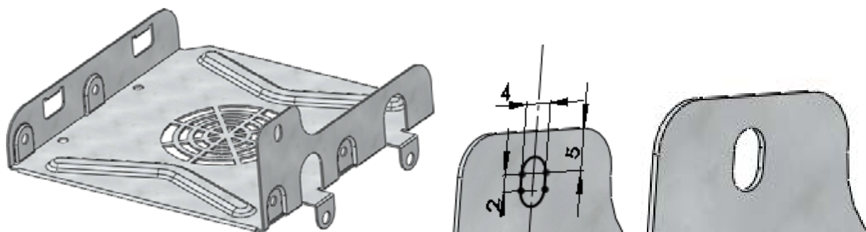


图 8-65　“断开边角/边角剪裁”处理和拉伸切除顶部用于固定的洞口

8.4　本章小结

本章简要介绍了钣金件的基础知识、钣金的设计方法和钣金的编辑方法，包括薄片、法兰和闭合角，以及对钣金进行展开和折叠等特征，并通过创建“连接杆”实例和“硬盘架”实例对所学知识进行了加深和巩固。

8.5　思考与练习

一、填空题

（1）将实体转变为钣金的钣金设计方式，多用于从其他 CAD 系统输入钣金件时，将输入的钣金件（此时为__________）通过插入__________转变为 SolidWorks 钣金零件。

（2）钣金零件的工程师为保证最终折弯成型后的零件为所期望的尺寸，会利用各种不同的算法来计算展开状态下备料的实际长度，其中最常用的方法是简单的____________。

（3）在折弯变形过程中，折弯圆角内侧材料被压缩、外侧材料被拉伸，而保持原有长度的材料呈圆弧线分布，这个圆弧线被称为____________。



（4）__________表示钣金中性线的位置，以钣金零件的厚度作为计算基准。

（5）折弯扣除与折弯系数实际上只是测量或定义方式不同的两个量，实际使用中都是用于确定零件__________的一个值。

（6）在 SolidWorks 的钣金设计树中，任何钣金件都将默认添加__________和__________两个特征。

（7）__________特征是主要的钣金创建工具，与“拉伸凸台/基体”命令类似，可以使用轮廓线拉伸出钣金。

（8）利用__________工具可以在指定边处，沿指定的路径进行弯边处理。

（9）__________是指将现有的钣金件沿折弯线的位置进行任意角度的弯曲成型，所形成的弯边特征。

（10）所谓__________________是指对平板或弯边的尖角进行倒圆或倒斜角处理。

（11）所谓____________就是以成形的钣金部件为基础创建一个展开的平面特征，主要用于制作钣金件的平面图。

二、问答题

（1）共有几种钣金设计方式？并简述其操作。

（2）本章共讲解了哪几个钣金术语？这几个术语的主要作用是什么？

（3）添加释放槽的作用是什么？有哪几种释放槽类型？并简述每种释放槽的意义。

三、操作题

（1）使用本章所学的知识，创建如图 8-66 所示的“起子”钣金模型。

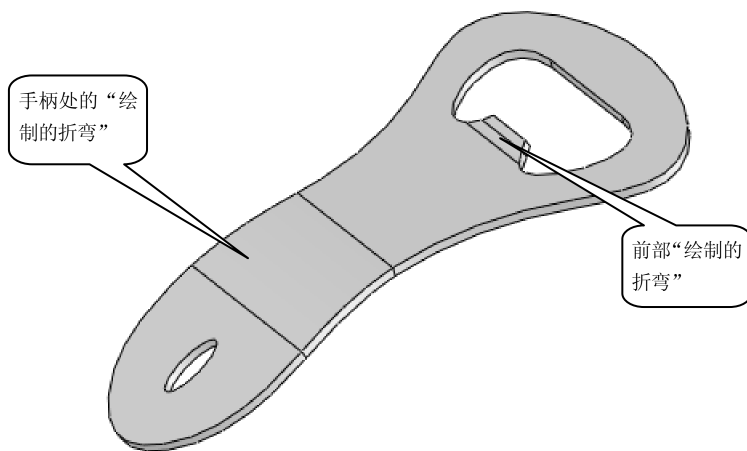


图 8-66　需创建的“起子”钣金模型



可通过三步操作完成本模型，第一步创建草绘图形，第二步创建“起子”前部的折弯，第三步创建“起子”手柄处的折弯即可，起子模型各步操作的值可参见本书提供的素材文件 8-LX1-end.sldprt。

（2）使用本章所学的知识，创建如图 8-67 左图所示的“夹子”钣金模型。

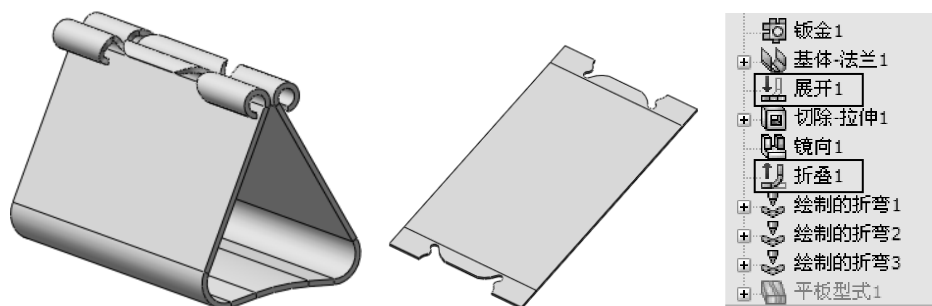


图 8-67 需创建的“夹子”模型和其主要创建界面图



本实例主要通过拉伸切除和绘制的折弯操作创建，如图 8-67 右图所示，其中夹子两侧圆形弯曲部分需要在平面下进行拉伸切除操作，如图 8-67 中图所示，所以应灵活运用钣金的“展开”和“折叠”特征。

第 9 章　焊 件 设 计

本章要点

- 焊件概述
- 结构构件
- 附加焊件
- 其他焊件功能

学习目标

利用 SolidWorks 提供的焊件功能，可以轻松进行焊接件的设计。SolidWorks 所设计的焊件实体，除了可以用于生成焊件工程图外，还可以使用专门的机器人离线编程程序，提取出焊件中的复杂空间曲线，实现焊接机器人中焊缝程序的自动创建，从而可进行大规模结构构件的自动焊接（此技术在汽车生产中较常使用）。

需要注意的是，在 SolidWorks 中所创建的焊件，其焊接形式主要是应用最为广泛的“弧焊”，而不包括“点焊”和“气焊”等焊接形式。

本章主要讲述焊件设计和焊件工程图的生成方法。

9.1　焊件概述

焊接是一种重要的金属加工工艺，主要用于将两个或多个金属件连接为一个金属件。与其他连接方法相比较，焊件具有强度高、节省材料、接头致密性好等优点，在工业生产中，金属的焊接，特别是钢材的焊接应用最为广泛。如图 9-1 所示为较典型的焊件。

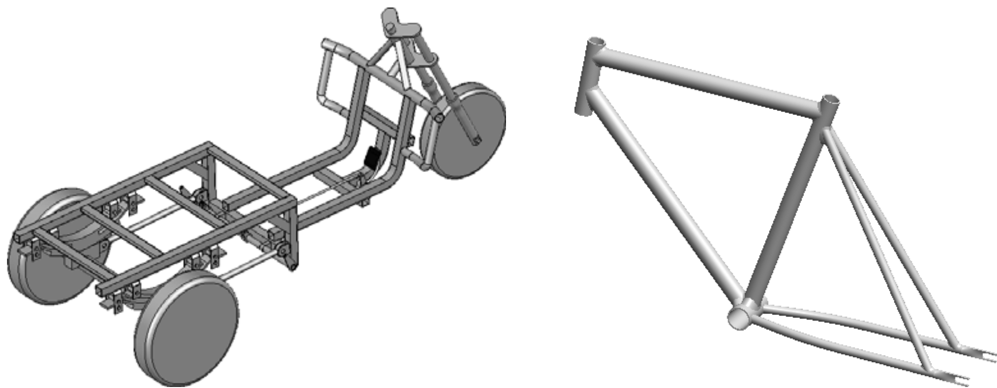


图 9-1　典型的焊件（左侧为三轮车架焊件，右侧为自行车焊件）

9.1.1 焊件工具栏

右键单击 SolidWorks 建模环境中顶部的空白区域，在弹出的快捷菜单中选择“焊件”项，可显示“焊件”工具栏，如图 9-2 所示。

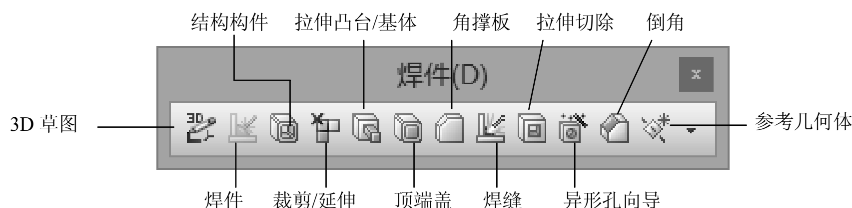


图 9-2 “焊件”工具栏

在焊件工具栏中同样具有“拉伸凸台/基体”“拉伸切除”“倒角”和“参考几何体”等特征，其功能也与实体操作时基本相同，所以在焊件上此类特征的使用，本文将不做单独讲述，而将重点讲述焊件中会经常用到的结构构件、圆角焊缝和顶端盖等特征。

9.1.2 焊件特征

在进行实体设计时，单击“焊件”工具栏中的“焊件”按钮（或选择“插入”>“焊件”>“焊件”菜单），可以将实体零件标记为焊接件，同时在左侧设计树中显示焊件特征标识，如图 9-3 所示。

焊接零件设计环境实际上是一个多实体的零件设计环境，即在焊接零件中，每一个结构构件或焊接特征都是一个独立的实体。

此外，焊接零件中，系统将自动添加两个配置，如图 9-4 所示：

- 默认<按加工>：包含零件所有特征，除了焊接构件以外，还包含焊接零件中的孔和切除特征。
- 默认<按焊接>：只包含零件的构件和焊接实体，压缩包含孔在内的其他特征。

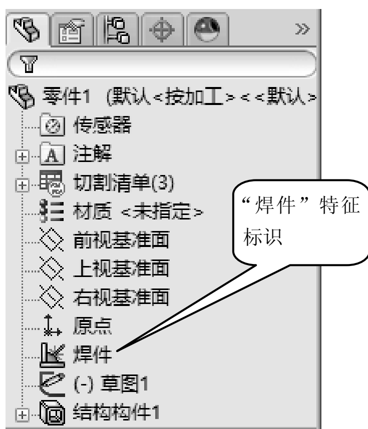


图 9-3 特征树中的“焊件”特征标识

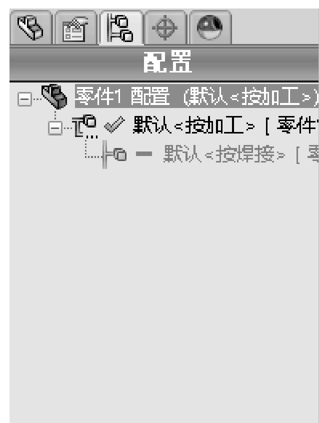


图 9-4 自动添加的配置

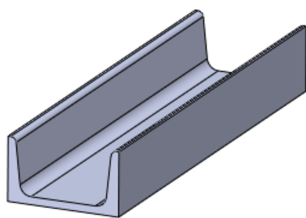

提示

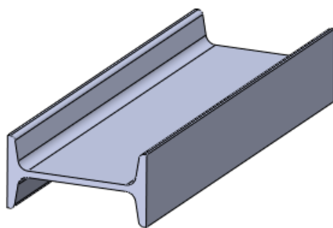
> 也可使用“焊件”工具条中的“结构构件”按钮直接生成焊件，系统会自动将零件标记为焊接件，并将焊件特征添加到左侧设计树中。

9.2 结构构件

在 SolidWorks 中，焊件实际上主要是为了方便设计一些主要由很多标准的管道、c 形槽（c 槽）、工字横梁、方形管、管道、角铁和矩形管等组成的零件而设计的。

这些标准中的管道、c 形槽、工字横梁（sb 横梁）、方形管、角铁和矩形管等在焊件中统称为结构构件（图 9-5～图 9-10）。SolidWorks 中自带了存放这些标准件的库文件（主要分为 ANSI 英寸和 ISO 两种标准），可以直接将这些结构构件添加到符合要求的草图中。


图 9-5　c 形槽（c 槽）


图 9-6　工字横梁（sb 横梁）

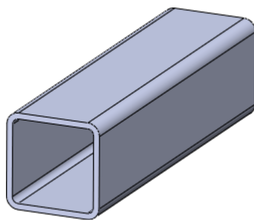
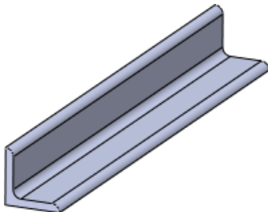
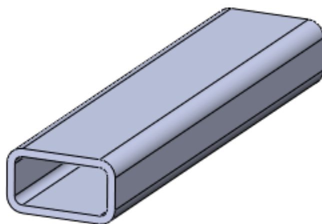

图 9-7　方形管


图 9-8　管道


图 9-9　角铁


图 9-10　矩形管

而焊接的意义就在于将这些标准件进行排列和组合，或与其他非焊接标准件实体进行焊接，从而设计出符合要求的机件或零件。

下面就来看一下设计结构构件的过程。

9.2.1 添加结构构件

首先绘制好结构构件的路径草图，然后单击“焊件”工具栏中的“结构构件”按钮（或选择“插入”>“焊件”>“结构构件”菜单），选中绘制好的路径草图，并在“结构构件”属性管理器中依次选择结构构件的“标准”“类型”和“大小”，单击“确定”按钮，即可添加结构构件，如图 9-11 所示。

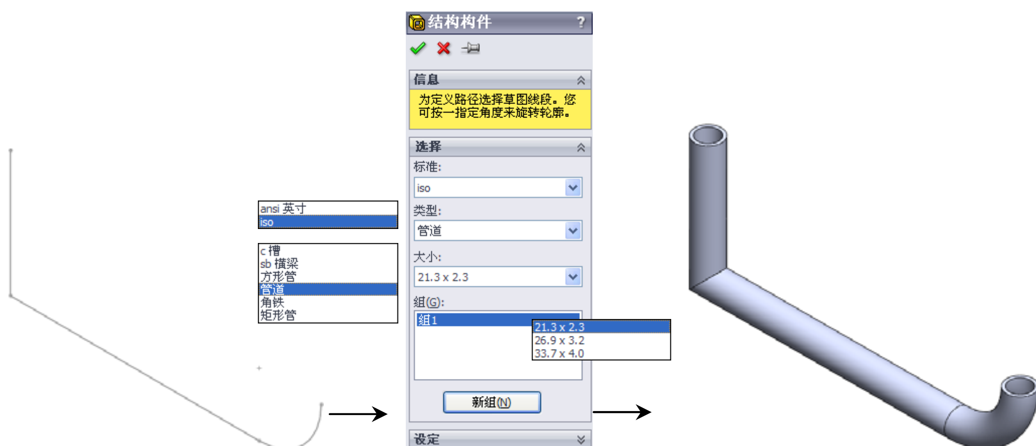


图 9-11　创建“结构构件”操作

单击“结构构件”属性管理器中的“设定”按钮，打开“设定”卷展栏，如图 9-12 所示，在此卷展栏中可以对“结构构件”的更多选项进行设置。下面解释一下其中部分选项的功能和意义：

- “合并圆弧段实体”复选框：如果路径草图中有相切的圆弧段，将显示此复选框，选中此复选框后将合并圆弧段和相邻实体为一个实体，否则每个曲面实体将生成单独实体。
- “应用边角处理”复选框：当结构构件在边角处交叉时，用于定义如何剪裁结构构件的重叠部分（关于其意义和作用详见下面 9.2.3 节中的讲述）。
- “镜像轮廓”复选框：用于定义结构构件截面轮廓的方向，选中此复选框后，可以将轮廓按照水平轴镜像或竖直轴镜像，如图 9-13 所示。



图 9-12　“设定”卷展栏

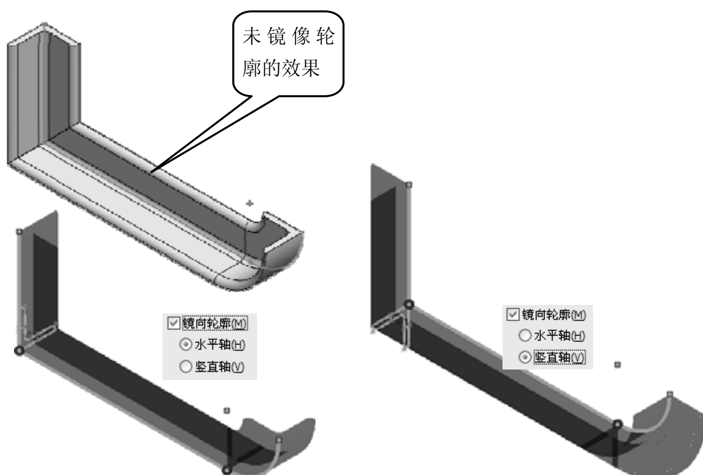


图 9-13　“镜像轮廓”复选框的作用

- “对齐”选择列表框：通过此列表框可令截面轮廓的水平轴或竖直轴与所选定的参考轴对齐，如图 9-14 所示（通过下面的“旋转角度”文本框则可以具体定义轮廓与参

考轴的夹角大小）。

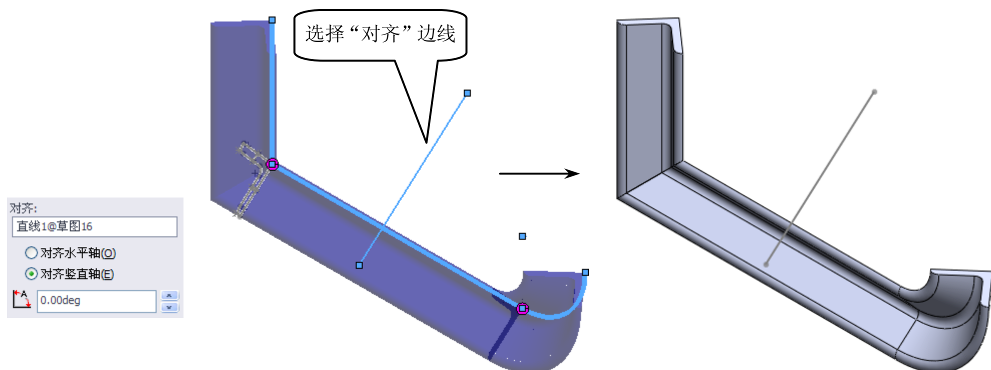


图 9-14 “镜像轮廓”复选框的作用

➢ “找出轮廓”按钮：单击此按钮后可将视图放大到的结构构件的截面轮廓，并可通过单击定义“穿透点”处于截面轮廓的位置，如图 9-15 所示（“穿透点”默认位于截面轮廓的草图原点）。

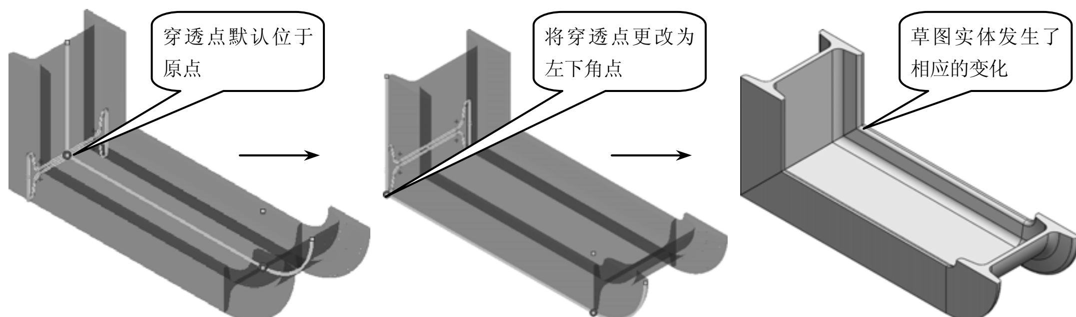


图 9-15 “找出轮廓”按钮的作用


提示

此外，在“结构构件”属性管理器的“选择”卷展栏中单击“新组”按钮，可以选择多个草图作为结构构件的路径，并且可分别为每个组设定参数。

9.2.2 关于结构构件的路径草图

在绘制用作结构构件布局的草图时，用户应注意如下几点：

➢ 可以使用 2D 或 3D 草图，也可以混合使用两种类型的草图，作为结构构件的路径曲线。但是应避免将所有的路径线段绘制在一个草图中，应注意平衡草图的复杂程度与其他操作的利益关系，并且不可使用样条曲线作为结构构件的路径。
➢ 在同一个组中的路径线段必须满足如下条件：相连；不相连，但相互平行。否则需要使用两个组来选择路径曲线。
➢ 路径线段拆分方式的数量决定了结构件在其交点处的剪裁方式，如图 9-16 所示。

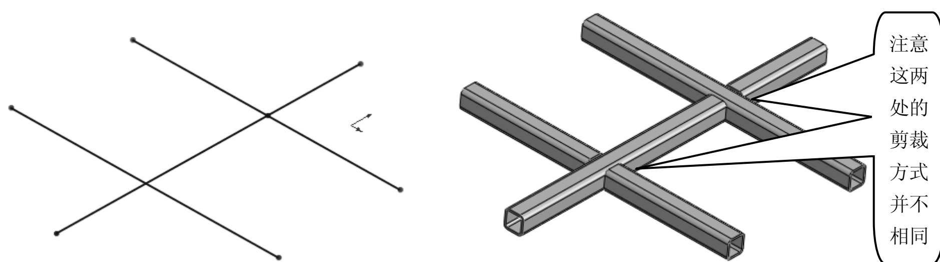


图 9-16　路径线段对于剪裁的影响

➢ 同一操作中，不能选择超过两个共享端点的路径线段建立构件，如图 9-17 所示，因此要建立角落部分的构件，必须通过创建“新组”来实现。

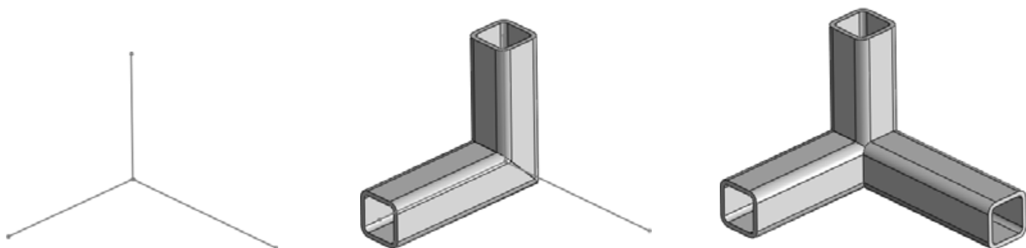


图 9-17　角落处的结构构件

9.2.3 边角处理

在创建结构构件的过程中，当结构构件在边角处交叉时，可以在“结构构件”属性管理器中定义剪裁结构构件重叠部分的方式，如图 9-12 所示。共有三种剪裁方式，分别为终端斜接、终端对接 1 和终端对接 2，其效果如图 9-18 所示。

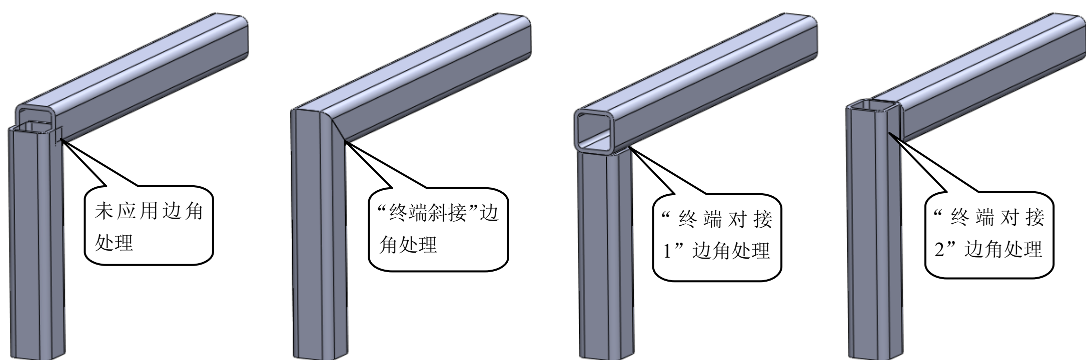


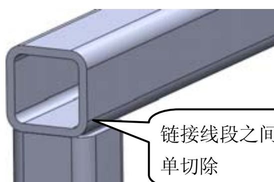
图 9-18　边角处理效果

SolidWorks 焊接件的边角处理方式在实际加工中较为常见，其意义此处不做过多解释。

此外，在选用终端对接边角处理方式时，还可以选择对接的方式，分别为“链接线段之间的简单切除”和“链接线段之间的封顶切除”，其效果如图 9-19 所示，其中“链接线段间的封顶切除”可理解为以其中一个结构构件的轮廓来剪裁另外一个结构构件。







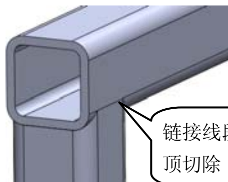
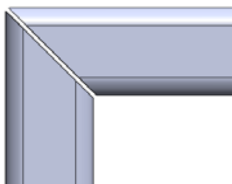


图 9-19 边角对接的方式

在选择“终端斜接”边角处理方式时，其下面的“在同一组中链接的线段之间的缝隙”文本框可用，用于设置“终端斜接”边角间，两个结构构件间的缝隙，如图 9-20 中图所示，此缝隙可用后面将要学到的“圆角焊缝”填充，如图 9-20 右图所示。





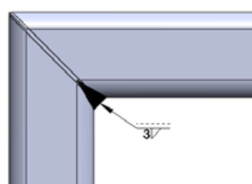


图 9-20 “在同一组中链接的线段之间的缝隙”文本框的作用和在缝隙间添加的焊缝

如果结构构件的边角是由两组线段的结构件构成，则在创建结构构件时，“不同组线段之间的缝隙”文本框可用，此时可通过此文本框设置不同组线段所构成的结构构件边角处的缝隙距离，如图 9-21 所示。



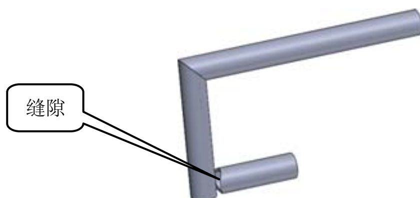


图 9-21 “不同组线段之间的缝隙”文本框的作用

此外，如果一个结构构件中同时具有多个边角，在创建结构构件时，单击每个边角路径的端点，可以在打开的对话框中单独设置此边角的处理方式，如图 9-22 所示。

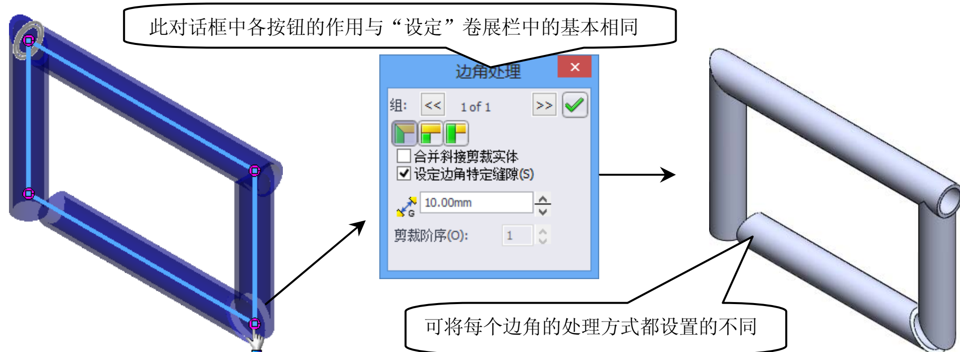


图 9-22 单独边角的处理

9.2.4 自定义结构构件的轮廓

SolidWorks 软件焊件轮廓库中只有 ANSI 英寸和 ISO 两种标准的结构构件轮廓，种类有限，因此很多时候设计人员要根据国内或企业标准来自定义结构构件的轮廓以供使用。下面就来讲一下如何自定义结构构件的轮廓，具体步骤如下。

STEP 1 新建一零件文件，并进入任一基准面的草绘环境，绘制如图 9-23 所示的草绘图形（注意将草图的中心定义为坐标原点，此原点将被作为穿透点）。

STEP 2 在不退出草绘环境的前提下，单击窗口左侧的“设计库”标签，如图 9-24 所示，在打开的标签栏中单击“添加到库”按钮，打开“添加到库”属性管理器。

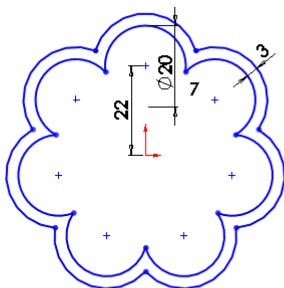
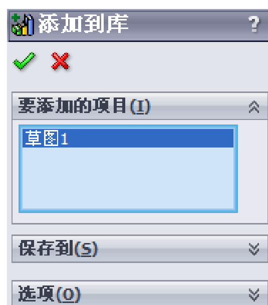


图 9-23 绘制的截面草图



图 9-24 单击“添加到库”按钮

STEP 3 在打开的“添加到库”属性管理器中，选择新绘制的草图轮廓作为“要添加的项目”，如图 9-25 所示。



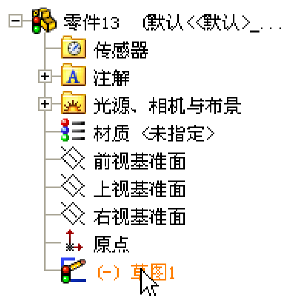


图 9-25 选择要添加到库的草图轮廓

STEP 4 打开“添加到库”属性管理器的“保存到”标签栏，如图 9-26 左图所示，在“文件名称”文本框中输入结构构件截面轮廓的名称为“米 22×7×20×3”

STEP 5 选择“设计库文件夹”的路径为“weldment profiles”>“iso”>“自定义”（如无此路径，则可参照下面提示进行操作）。

STEP 6 再打开“添加到库”属性管理器的“选项”标签栏，如图 9-26 右图所示，在文件类型下拉列表中选择要保存的文件类型为“*.sldlfp”，并输入说明信息，单击“添加到库”属性管理器的“确定”按钮，完成结构构件轮廓的创建。

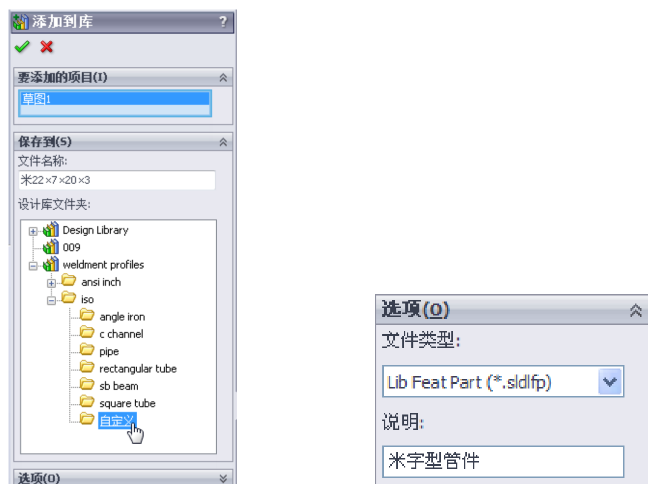


图 9-26　单独边角的处理



> 如“设计库文件夹”路径中无“weldment profiles”目录，则需要单击右侧“设计库”标签栏顶部的“添加文件位置”按钮，将“C:\Program Files\SolidWorks Corp 2013\SolidWorks\lang\chinese-simplified\weldment profiles”文件位置添加到设计库中，并在\weldment profiles\iso\”文件夹下新建一“自定义”文件夹

STEP 7 新建一零件文件，并绘制如图 9-27 左图所示的草图，然后单击“焊件”工具条中的“结构构件”按钮，打开“结构构件”属性管理器，选择草绘路径，再依次选择“iso”“自定义”和“米 22×7×20×3”选项，其他选项保持系统默认，单击“确定”按钮，即可使用自定义的轮廓绘制结构构件，如图 9-27 中图和右图所示。

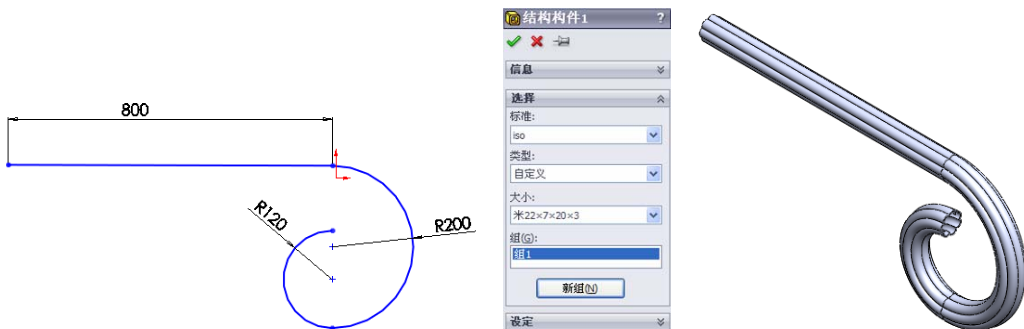


图 9-27　自定义轮廓的使用

9.2.5 剪裁/延伸结构构件

除了可自动裁剪结构构件的边角外，如多次添加的结构构件出现交叉，则可以使用系统提供的“剪裁/延伸”功能对结构构件相交的部分进行剪裁。可以将结构件剪裁到一个现有的

结构件实体，或一个平面表面，下面看一个剪裁操作。

STEP 1 打开本书提供的素材文件 9-2-5.SLDPRT，如图 9-28 左图所示，然后单击“焊件”工具条中的“剪裁/延伸”按钮，打开“剪裁/延伸”属性管理器，如图 9-28 中图所示，使用系统默认的“终端剪裁”方式，选择素材文件中间细的结构构件为“要剪裁的实体”，选择两侧粗的结构构件为剪裁边界，如图 9-28 右图所示。

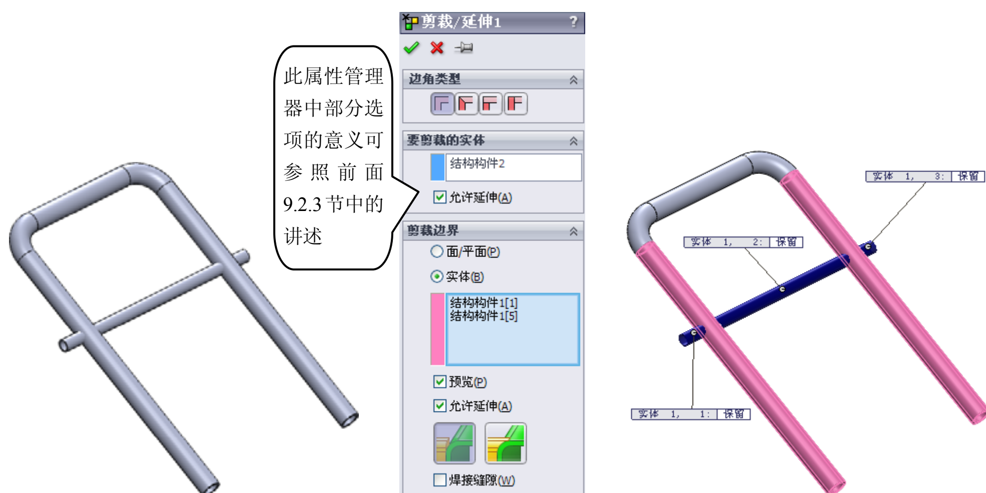


图 9-28　打开的素材文件、“剪裁/延伸”属性管理器和选择的剪裁实体和剪裁边界

STEP 2 双击被剪裁实体两侧“标注”上的“保留”文字，将其切换为“丢弃”，即表明此部分材料将被丢弃，如图 9-29 左所示，单击“确定”按钮完成剪裁操作，其效果如图 9-29 右图所示。

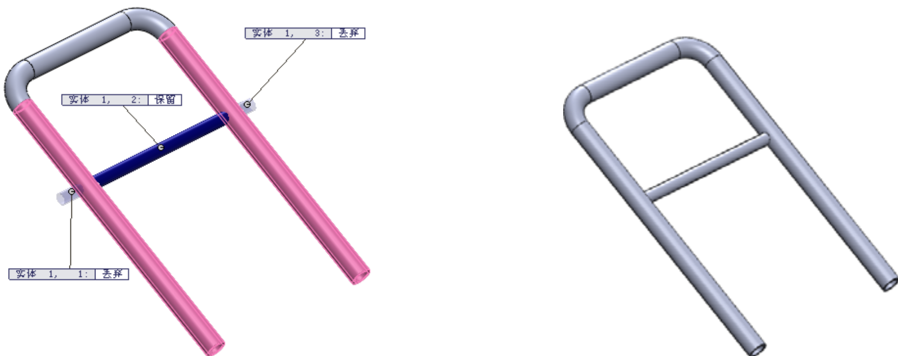


图 9-29　自定义轮廓的使用



“剪裁/延伸”属性管理器，如图 9-28 中图所示，除了“终端剪裁”方式外右侧还有三种剪裁方式，这三种剪裁方式多用于结构构件的边角处理，其作用和意义可参照前面 9.2.3 节中的讲述。

此外，在进行“终端剪裁”时，除了可以选择实体作为裁剪边界外，还可以选择曲面或平面作为裁剪的边界。如选择“焊接缝隙”按钮，则可以设置被剪裁的结构构件与裁剪边界间的距离。

实例精讲——焊接座椅

下面讲一个使用结构构件“焊接座椅”的例子，以加深对“焊件”的理解。在本实例的创建过程中会用到 9.3 节将要讲到的“焊缝”和“顶端盖”特征，并会涉及第 12 章的部分内容，如操作步骤难于理解，也可先行学习后面的内容。

【制作分析】

本实例所使用的草图曲线如图 9-30 左图所示，所绘制的实体如图 9-30 右图所示。两侧的扶手为管道类金属件，后面和两侧的固定件为矩形管类结构构件，金属件的关键部分需要进行焊接，座椅面为木材，下面看一下操作。

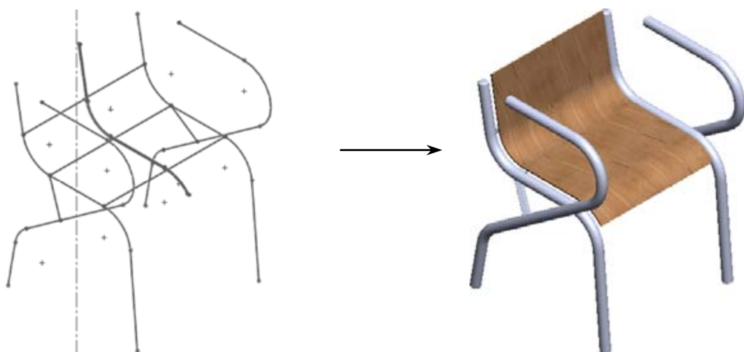


图 9-30　椅子的草图曲线和绘制的椅子模型

【制作步骤】

STEP 1 首先新建一零件类型的文件，并分别创建如图 9-31 所示的两个草图，并将其分别以“管道 30×26”和“矩形管 20×10×2”为文件名，以 SLDLFP 文件类型添加到系统库的“座椅”文件夹下（需新建此文件夹），作为构件轮廓。

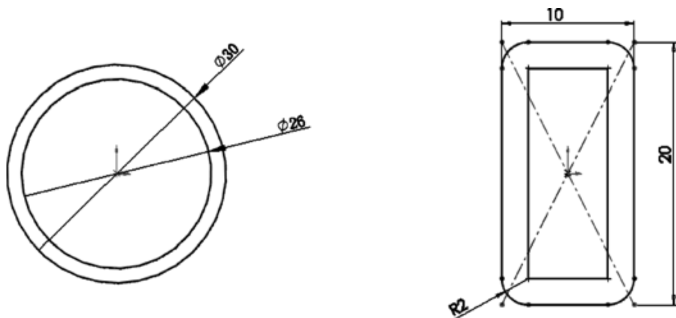


图 9-31　绘制两个结构构件的轮廓草图并将其添加到系统库中

STEP 2 打开本书提供的素材文件 9-3.SLDPRT，如图 9-32 左图所示，单击“焊件”工具栏的“结构构件”按钮，打开“结构构件”属性管理器，如图 9-32 中图所示，依次选择“iso”“座椅”和“管道 30×26”选项，再通过四个组选择四个草绘路径，如图 9-32 右图所示，单击“确定”按钮首先创建管道类结构构件。

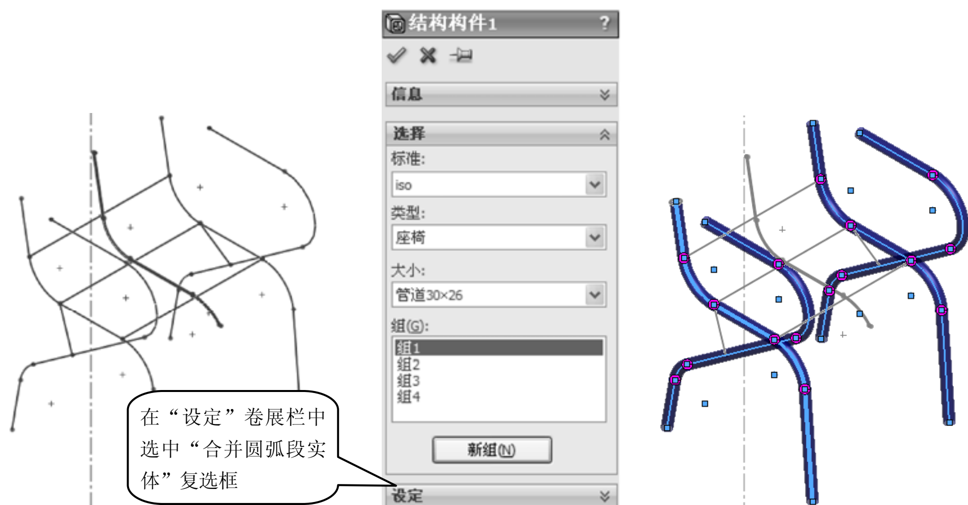


图 9-32　创建管道类结构构件

STEP 3 通过相同操作创建椅子的矩形管类结构构件，如图 9-33 所示。

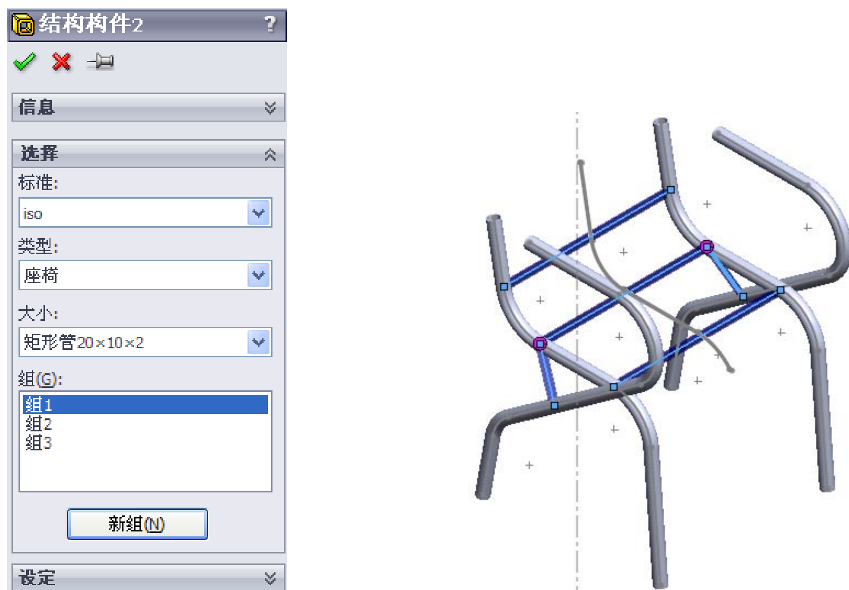
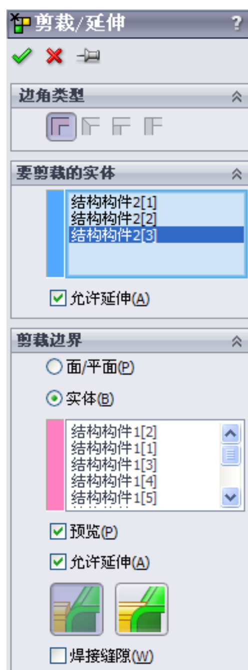


图 9-33　创建矩形管类结构构件

STEP 4 单击“焊件”工具栏的“剪裁/延伸”按钮，选择椅背和椅座的三个矩形管类结构构件作为要剪裁的实体，再选择两侧相接的管道类构件作为剪裁边界，并在操作区中设置中间矩形管类构件的两侧材料为“丢弃”，执行剪裁操作，如图 9-34 所示。



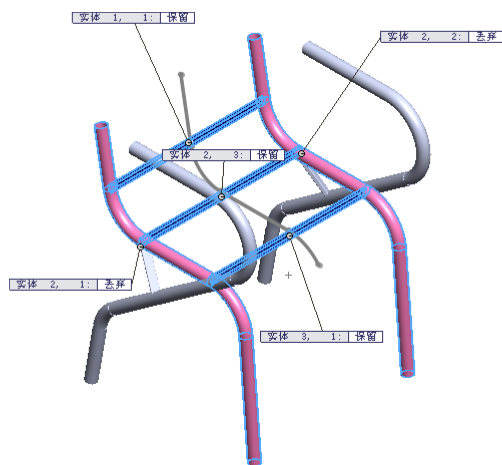
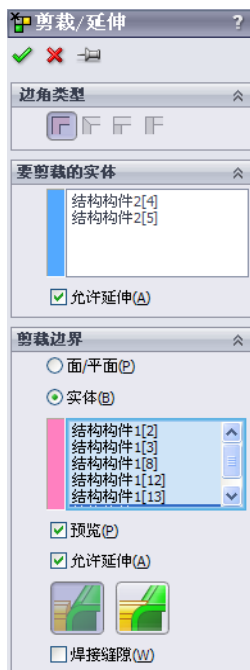


图 9-34 修剪结构构件 1

STEP 5 通过与步骤 4 相同的操作，对椅子底部的两个矩形管类结构构件进行剪裁操作，如图 9-35 所示。



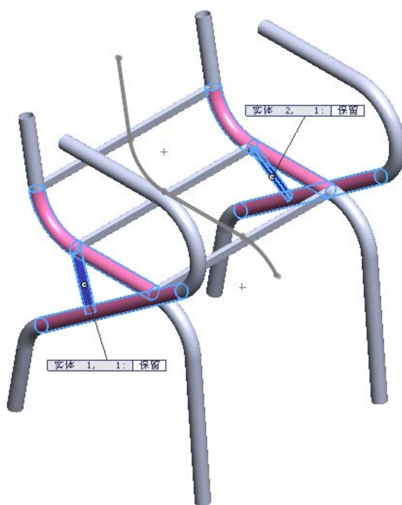


图 9-35 修剪结构构件 2

STEP 6 单击“焊件”工具栏的“顶端盖”按钮，设置顶端盖的厚度为 2，设置顶端距离为 1，选择椅子腿部的 4 个底面，单击“确定”按钮为其添加顶端盖，如图 9-36 所示。



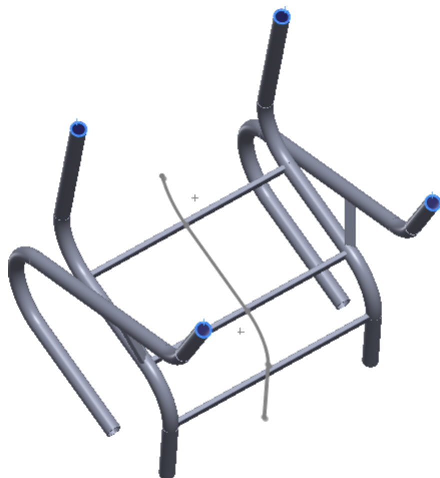


图 9-36 创建顶端盖

STEP 7 单击“焊件”工具栏的“圆角焊缝”按钮，打开“圆角焊缝”属性管理器，如图 9-37 左图所示，选择椅子左侧相接的两段管材作为“面组 1”和“面组 2”，如图 9-37 右图所示，圆角大小保持系统默认为 3，单击“确定”按钮创建焊缝。



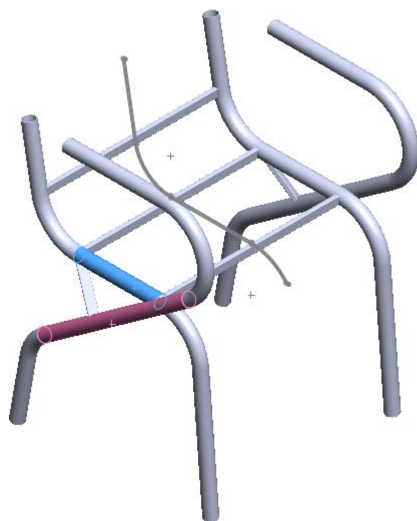


图 9-37 创建焊缝 1

STEP 8 步骤 7 中创建的焊缝效果如图 9-38 左图所示，通过相同操作为右侧管件，及管件与矩形管类构件之间，添加进行焊接的地方添加焊缝，焊缝大小都为 3，其效果如图 9-38 右图所示。

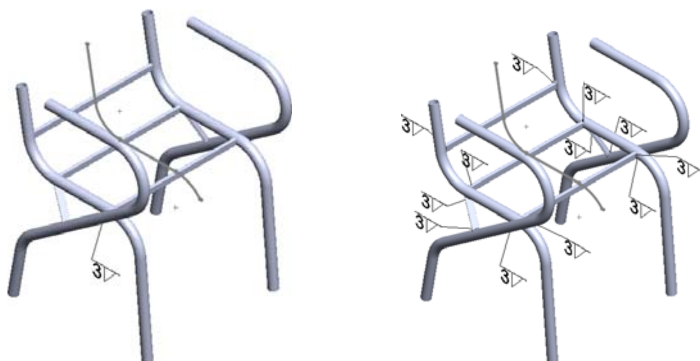


图 9-38　创建焊缝 2

STEP 9 单击“焊件”工具栏的“凸台-拉伸”按钮，选择“草图 5”作为拉伸轮廓，设置拉伸距离为 410，拉伸出椅子的座椅面，如图 9-39 所示。



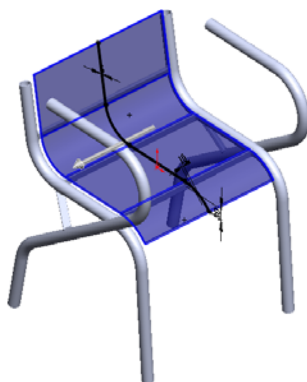


图 9-39　拉伸出椅面

STEP 10 单击“焊件”工具栏的“参考几何体”下的“基准面”按钮，创建以距离椅把后侧管道端口面为 5 的基准面，如图 9-40 所示。

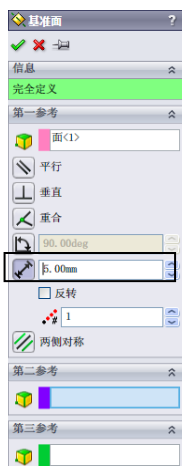




图 9-40　创建基准面

STEP 11 进入新创建基准面的草绘模式，添加两个与椅把截面同圆心的两个基准点，如图 9-41 左图所示，然后单击“放样/凸台-基体”按钮，以椅把的外围轮廓和刚创建的基准点为轮廓，以“开始约束”为垂直与轮廓方式，创建的椅把端口处的封闭件，如图 9-41 右图所示。

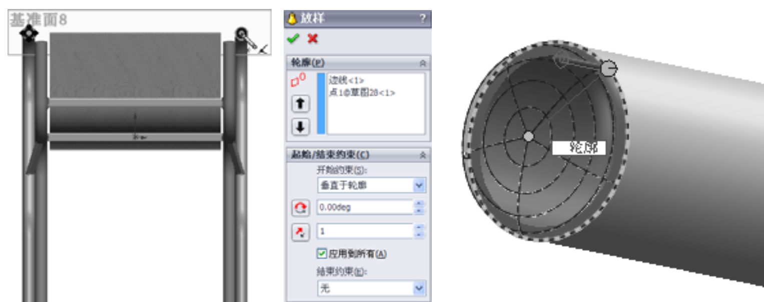


图 9-41　创建参考点并放样出管端的特征

STEP 12 通过与步骤 12 相同的操作，创建椅背顶部端口出的封闭件，如图 9-42 所示，完成整个椅子的创建操作。



图 9-42　放样管端特征

9.3　附加焊件

所谓“附加焊件”，这里主要指附加到焊件上的对焊件起链接作用的“焊缝”“角撑板”和“顶端盖”，其效果如图 9-43 所示，下面看一下相关创建操作。

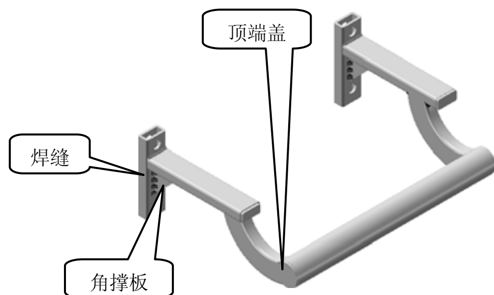


图 9-43　附加焊件

9.3.1 焊缝

使用“圆角焊缝”特征工具可以在任何交叉的焊件实体（如结构构件、平板焊件或角撑板）之间添加焊缝。

单击“焊接”工具栏中的“焊缝”按钮，打开“焊缝”属性管理器，设置焊缝半径，然后依次选择两个相邻的面组（或选择相交线），单击“确定”按钮即可为结构构件添加焊缝，如图 9-44 所示。

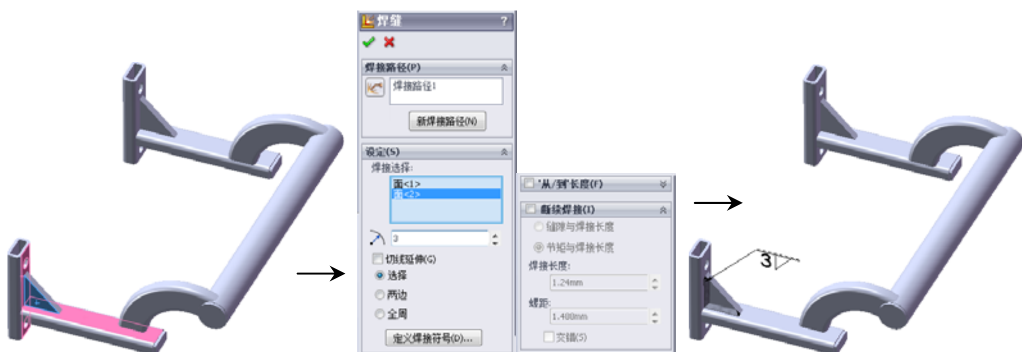


图 9-44　创建焊缝操作



> 在“焊缝”属性管理器中，选中“切线延伸”复选框，可以沿着相切的交叉边线自动延伸焊缝；此外，单击“新焊缝路径”按钮，则可以一次创建多条焊缝。

此外，如图 9-44 中图所示，在“焊缝”属性管理器的“设定”卷展栏中，选中“选择”单选按钮，将只在两个面的交线位置处创建焊缝；如选中“两边”单选按钮，则将在所选面的对侧面同时创建焊缝；此外，如选中“全周”单选按钮，则将在其中一个面的周边面上全部创建焊缝。

在“焊缝”属性管理器中，如选中“断续焊接”复选框，那么可为焊件添加间歇焊缝，间歇焊缝是一种具有一定间距的焊缝形式，如图 9-45 所示，在创建间歇焊缝时，可以定义“焊缝长度”和“焊缝间距”（或“节距”与“焊接长度”）。选中“交错”复选框，可令焊缝交错分布，如图 9-46 所示。

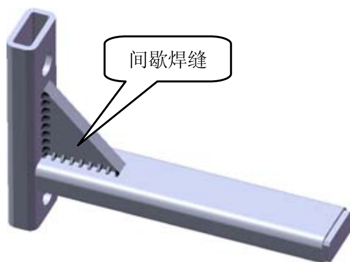


图 9-45　“间歇”焊缝

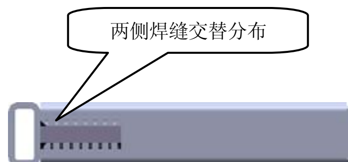


图 9-46　“交错”焊缝

此外，选中“‘从/到’长度”复选框，则可在面的相交线上，自定义焊缝的长度。



> 实际上，选择“插入”>“焊件”>“圆角焊缝”菜单，还可为焊件添加“圆角焊缝”。“圆角焊缝”与“焊缝”不同，是可以直接选择的焊缝实体（“焊缝”原则上不是实体，类似于“注解”中的“装饰螺纹线”），但是却无法在“工程图”的“焊接表”中被使用，所以在新版本中多推荐不使用此特征。
>
> 此外，添加的“焊缝”特征会默认归类于“焊接文件夹”中，而“圆角焊缝”由于是实体，则会以实体特征的形式显示在模型树中，如图 9-47 所示；另外，如添加的“焊缝”未显示出来，可单击“前导视图工具栏”中的“隐藏/显示项目”按钮，在打开的“下拉面板”中单击“查阅焊缝”按钮，显示焊缝，如图 9-48 所示。

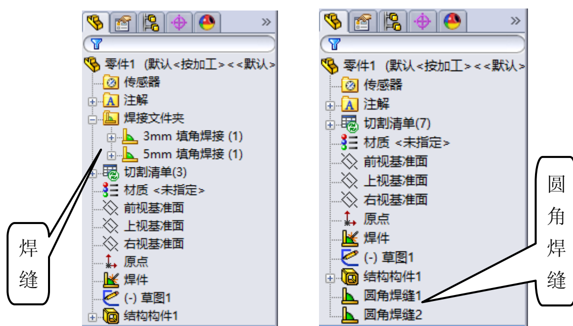


图 9-47 “焊缝”和“圆角焊缝”的区别



图 9-48 显示焊缝操作

9.3.2 角撑板

“角撑板”主要用于加固两个结构构件的相交区域，令结构构件连接的更牢固且不易变形。系统提供了“三角形轮廓”和“多边形轮廓”两种类型的角撑板，如图 9-49 所示。

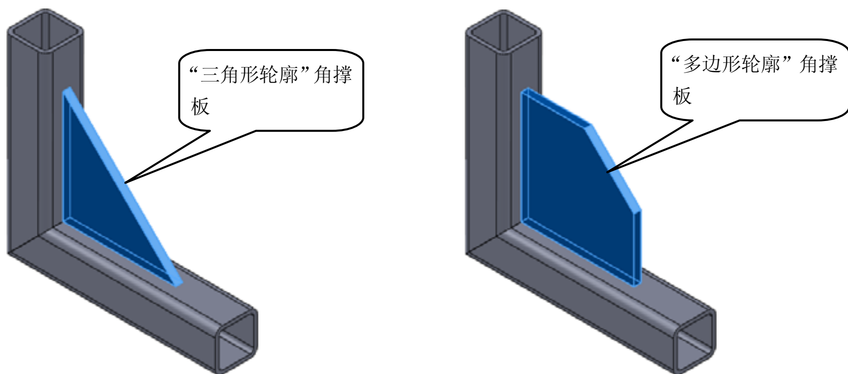


图 9-49 角撑板的两种类型

单击“焊件”工具条中的“角撑板”按钮，打开“角撑板”属性管理器，然后依次选择要添加角撑板的两个相交面，再适当设置角撑板的轮廓和在结构构件上的位置（或保存系统默认），单击“确定”按钮即可添加角撑板，如图 9-50 所示。





图 9-50　创建“角撑板”操作

在“角撑板”属性管理器的“轮廓”卷展栏中，“多边形轮廓”按钮和“三角形轮廓”按钮，分别用于两种角撑板类型的切换，其参数可参考卷展栏下面的图例进行设置，此处不做过多讲解，下面看一下其他选项的作用。

- “倒角”按钮：单击此按钮可为角撑板设置倒角，以便为角撑板下的焊缝留出空间，如图 9-51 所示，其参数设置与倒角基本相同，此处也不做过多叙述。
- “厚度”区的“内边”“两边”和“外边”按钮及“角撑板厚度”文本框：用于设置角撑板的厚度，及厚度延伸的方向，可设置角撑板轮廓向两侧延伸，也可设置向某一侧延伸。
- “位置”卷展栏：用于设置角撑板在所选面与边界的相对位置，如可设置“定位于起点”“定位于中点”和“定位于端点”等，如图 9-52 所示，选中“等距”复选框，则可在下面的“等距值”复选框中设置角撑板距离某个边界的确切距离。

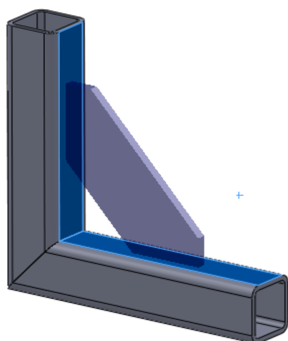


图 9-51　“角撑板”的倒角

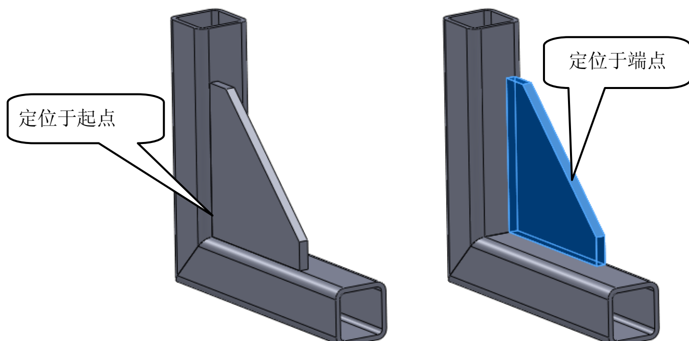


图 9-52　角撑板的位置

9.3.3 顶端盖

“顶端盖”特征工具用于闭合敞开的结构构件，以防止进入杂物等。单击“焊件”工具条中的“顶端盖”按钮，打开“顶端盖”属性管理器，如图 9-53 中图所示，选择管道结构构

件的两个端面，设置顶端盖的“厚度”和“厚度比率”，单击“确定”按钮，即可创建顶端盖，如图 9-53 右图所示。

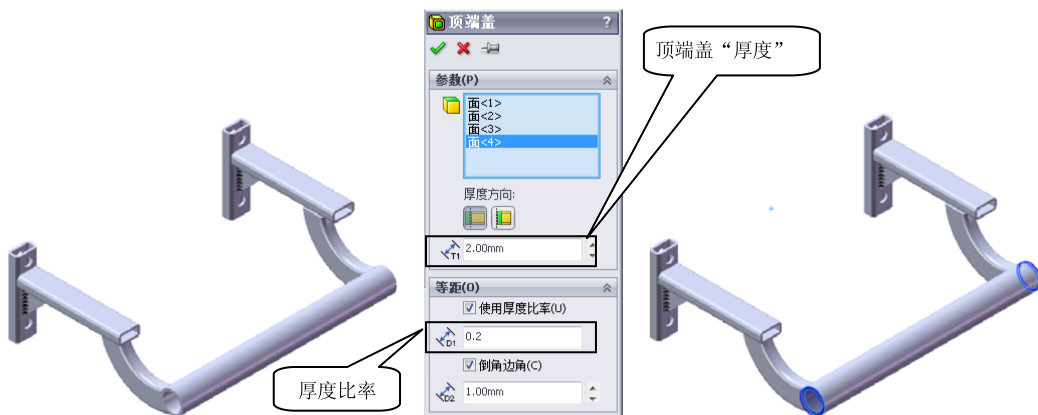


图 9-53　创建“顶端盖”操作 1



提示

“顶端盖”属性管理器中，“向内”和“向外”按钮用于设置顶端盖延伸的方向；“厚度比例”是指顶端盖边缘距离结构构件边缘距离与顶端盖厚度的比例。

实例精讲——创建自行车三脚架

下面讲一个创建“自行车三脚架”的例子，以加深对“附加焊件”的理解。由于角撑板和顶端盖都相对较简单，所以本实例将重点讲述焊缝的创建。

【制作分析】

本实例所使用的草图曲线如图 9-54 左图所示，所绘制的实体如图 9-54 右图所示。自行车三脚架的大部分都为管道类结构构件，前部连接车轮的轴承架需要使用放样和拉伸切除进行创建，下面看一下具体操作过程。

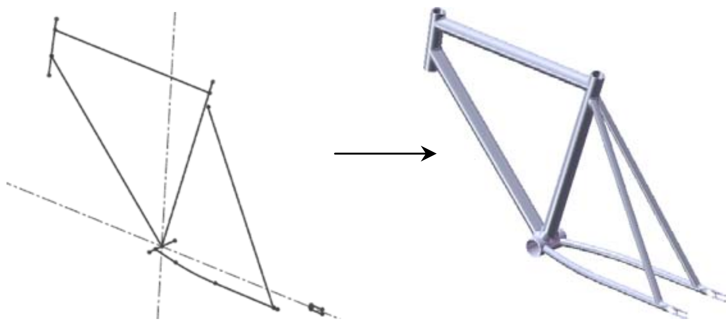


图 9-54　自行车三脚架的草图曲线和绘制的实体模型

【制作步骤】

STEP 1 首先新建一零件类型的文件，并创建如图 9-55 所示的三个草图，并将其分别以“40×35”、“30×25”、“15×10”为文件名，以 SLDLFP 文件类型添加到系统库的“自行车”文件夹下（需新建此文件夹），作为构件轮廓。

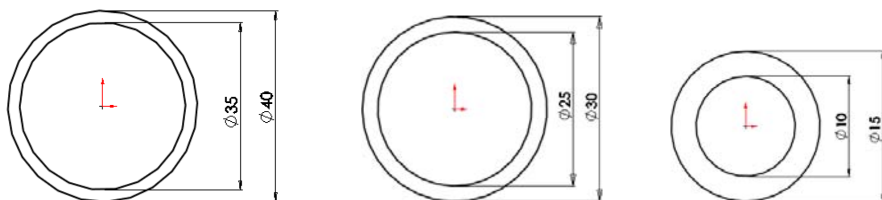


图 9-55　绘制三个结构构件的轮廓草图并将其添加到系统库中

STEP 2 打开本书提供的素材文件 9-5.SLDPRT，单击“焊件”工具条的“结构构件”按钮，选择“iso”标准“自行车”类型下的“40×35”截面，选中横向的曲线为结构构件的路径曲线，单击“确定”按钮，首先创建此构件，如图 9-56 所示。

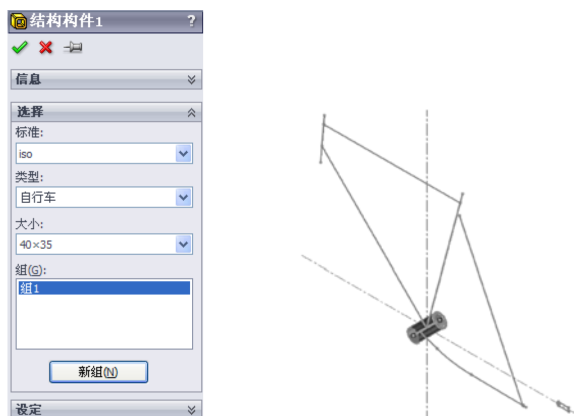


图 9-56　创建第一个结构构件

STEP 3 通过相同操作，再次单击“结构构件”按钮，选择“30×25”截面类型，使用四个曲线组选中图 9-57 所示的曲线，创建自行车三脚架的大梁；选择“15×10”的截面类型，使用两个曲线组选中如图 9-58 所示的曲线，创建自行车三脚架的后轮支架。



图 9-57　创建第二个结构构件

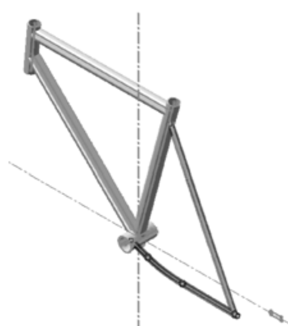


图 9-58　创建第三个结构构件

STEP 4 单击“基准面”按钮，创建一距离支架前端面 20 的基准面，如图 9-59 所示；再次单击“基准面”按钮，创建一距离前一个基准面 40 的基准面，如图 9-60 所示。

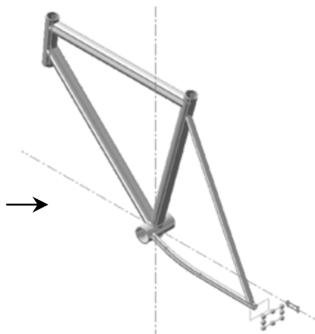


图 9-59 创建基准面 1

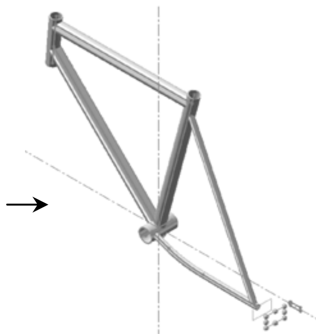


图 9-60 创建基准面 2

STEP 5 进入步骤 4 创建的基准面的草绘模式，绘制如图 9-61 左图所示的草绘图形（注意上下两边与管道构件的外边缘相切），再进入步骤 4 创建的基准面的草绘模式，绘制如图 9-61 右图所示的草绘图形（与前一个基准面中的草绘图形重合）。

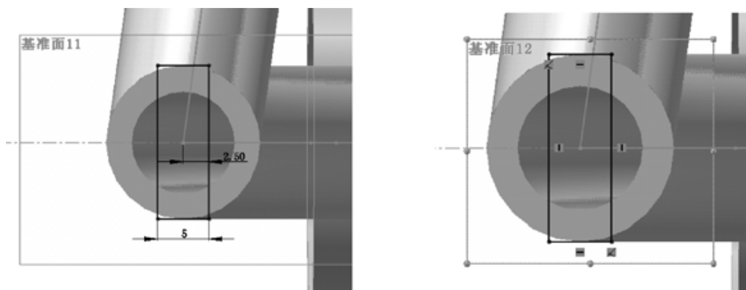


图 9-61 绘制草绘图形

STEP 6 单击“放样凸台/基体”按钮，依次选择管道构件的外边缘、中间的草图、最后绘制的草图，放样出前端的支架，如图 9-62 所示。

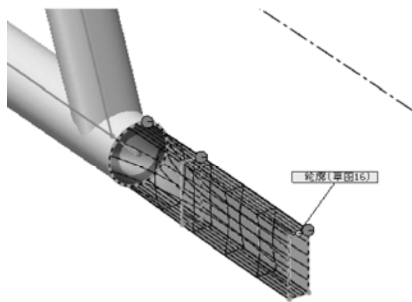


图 9-62 放样实体操作

STEP 7 单击“特征”工具条中的“镜像”按钮，选择前端支架和放样出来的实体部分，以“前视基准面”为镜像面进行镜像操作，如图 9-63 所示；再单击“拉伸切除”按钮，选择“草图 9”对“所有实体”执行拉伸切除操作，如图 9-64 所示。



图 9-63 镜像实体　　图 9-64 拉伸切除实体操作

STEP 8 单击“焊接”工具栏中的“剪裁/延伸”按钮，对模型中相交的相关管件焊件，执行剪裁操作，如图 9-65 所示（需要执行两次剪裁操作）。

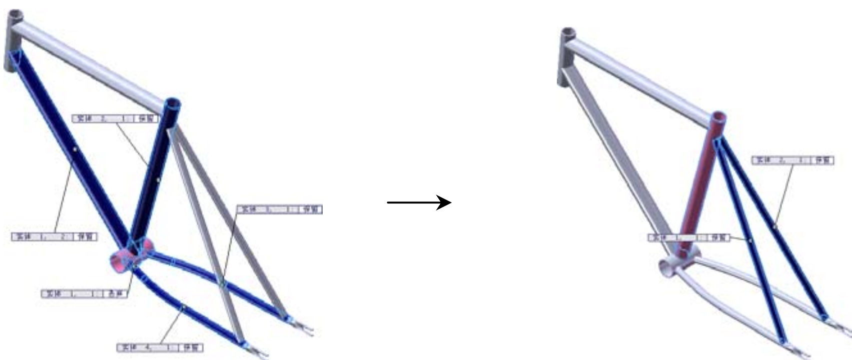


图 9-65 剪裁结构构件操作

STEP 9 单击“焊接”工具栏中的“焊缝”按钮，通过选择面组的方式，创建多个焊缝，焊缝的“圆角半径”都为 3（任何相交的构件连接出都需要创建焊缝），完成三脚架的创建，如图 9-66 所示。

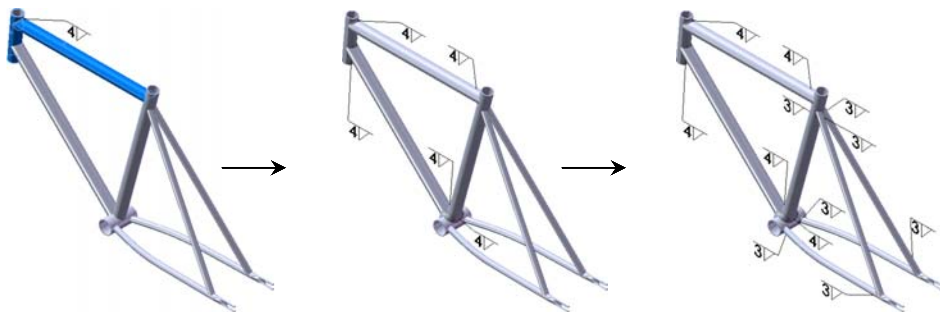


图 9-66 创建焊缝操作

9.4 其他焊件功能

本节讲述 SolidWorks 的其他焊件功能，包括类似于装配工程图中材料明细表的切割清单、焊件工程图的创建和子焊件的创建，及在装配体中创建焊缝的方法等，本节是难点也是重点，需要读者用心理解和掌握。

9.4.1 切割清单与焊件工程图

当文件中有多个实体时，在左侧的设计树中将显示“实体”文件夹，如图 9-67 左图所示，以用于对多个实体文件进行统一管理，在插入“焊件”特征后，“实体”文件夹将重新命名为“切割清单”文件夹，如图 9-67 右图所示，以对“焊件”的各个实体进行统一管理。

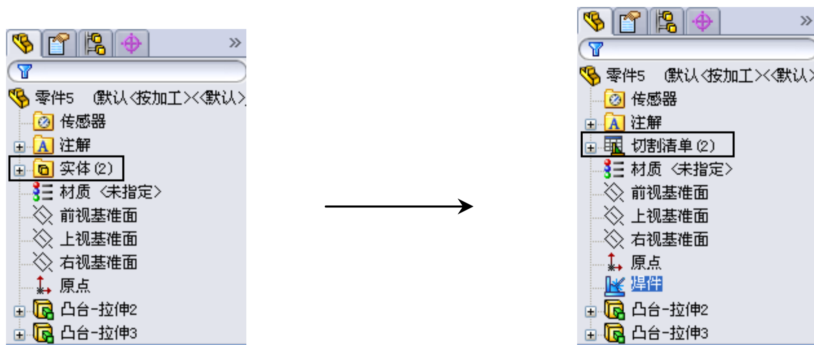


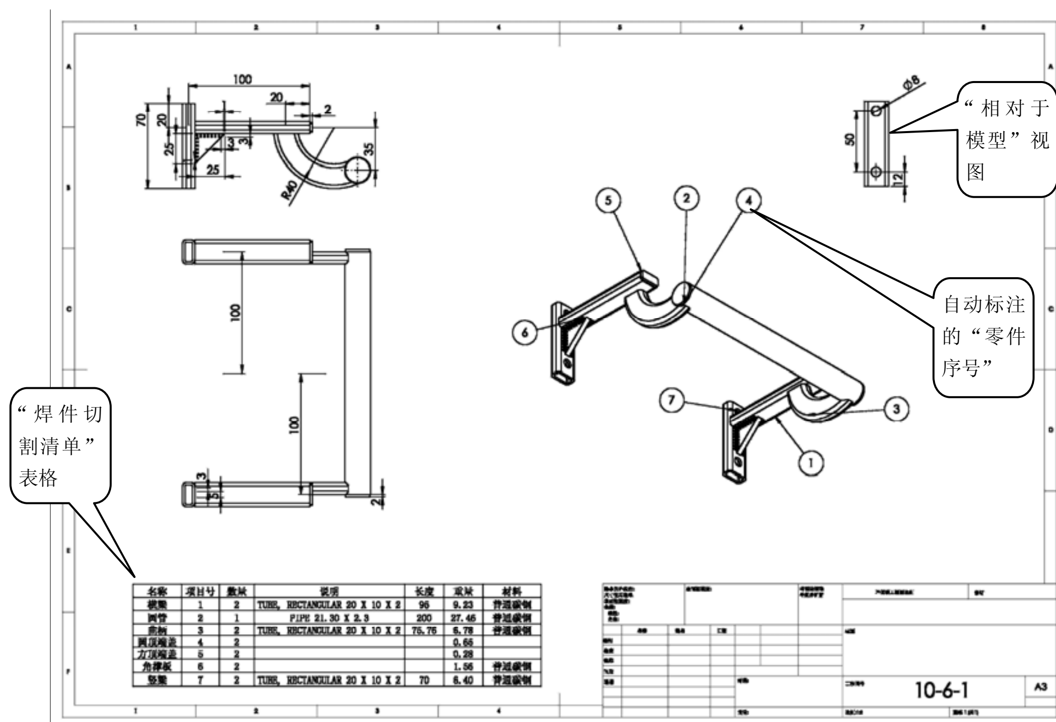
图 9-67 从“实体”文件夹到“切割清单”文件夹的转变



“切割清单”前的图标，图标表示切割清单需要更新，图标表示切割清单已更新。当添加了焊件实体，或焊件实体被改变，“切割清单”中并不能立即反应所做的改变，只是“切割清单”文件夹图标改变为，此时右键单击此图标，在弹出的快捷菜单中选择“更新”命令，可对切割清单进行更新，以包含实体中添加的项目。

“切割清单”实际上是把焊件的各种属性、特征进行归类，并且用数据的形式展现出来的一个表格。其在模型文件中主要是一个自动归类的工具，另外可以通过其属性察看模型某一方面的特性等；而将其用于工程图中，则可以自动生成“切割清单”表格，此表格可对模型文件进行详尽的说明，非常方便，如图 9-68 所示。所以，我们这里将模型视图中的切割清单与焊件工程图放到一起讲解，以便于读者领会和学习。

“焊件工程图”与前面第 7 章讲述的工程图操作基本相同，而且更类似于其中的“装配工程图”，同样可以创建模型视图、投影试图，以及自动标注“零件序号”等。与第 7 章相同的部分，此处不再赘述，下面通过一个实例，讲解“焊件工程图”中要用到的“切割清单”表格的添加和设置方法，以及前面没有讲到的“相对于模型”视图的添加方法。



名称	项目号	数量	说明	长度	质量	材料
横梁	1	2	TUBE, RECTANGULAR 20 X 10 X 2	96	9.23	普通碳钢
圆管	2	1	PIPE 21.30 X 2.3	200	27.46	普通碳钢
曲柄	3	2	TUBE, RECTANGULAR 20 X 10 X 2	76.76	6.78	普通碳钢
圆顶端盖	4	2			0.65	
方顶端盖	5	2			0.28	
角撑板	6	2			1.56	普通碳钢
竖梁	7	2	TUBE, RECTANGULAR 20 X 10 X 2	70	6.40	普通碳钢

图 9-68　要创建的工程图

STEP 1 打开本书提供的素材文件“9-4-1-焊件切割清单-SC.SLDPRT”，如图 9-69 左图所示，然后右击左侧模型树中的“切割清单”项，在弹出的对话框中选择“更新”菜单项，以更新焊件模型的切割清单，如图 9-69 右图所示。

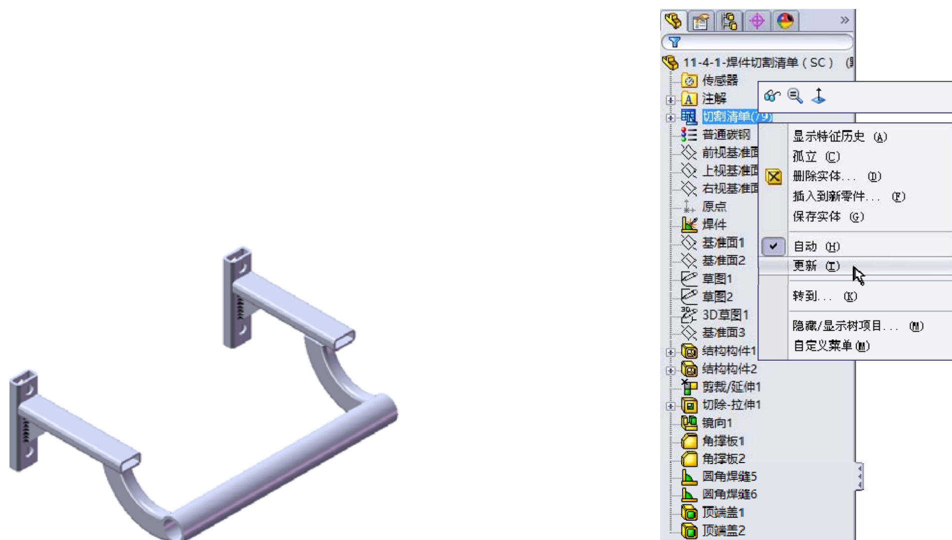


图 9-69　打开素材文件并更新切割清单操作

STEP 2 单击“切割清单”前的加号，打开切割清单项目列表，如图 9-70 左图所示，然后自上而下双击并重命名 7 个切割清单项目，分别为横梁、圆管、曲柄、圆顶端盖、方顶端

盖、竖梁和角撑板，如图 9-70 右图所示。

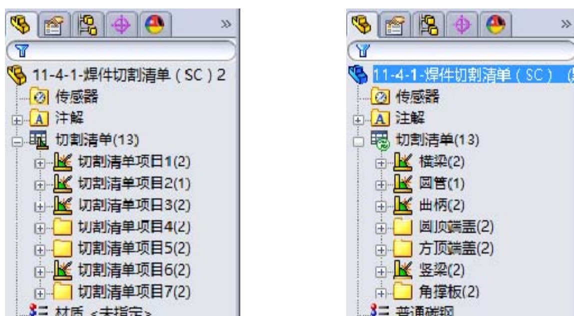


图 9-70　更改切割清单项目名称操作



切割清单的项目名称，可以在工程图中添加的切割清单中显示，此处更改的目的也是为后面的操作做好铺垫。

此外，“切割清单项目”实际上是系统按照材料的不同，如按照管材、矩形构件、顶端盖和大小长度等自动对当前文件中的焊件进行的归类，当然用户也可以自行调整其组合。

圆角焊缝默认不属于切割清单项目，当然用户也可以将某些焊件排除在切割清单之外，此时只需右键单击某个焊件在弹出的快捷菜单中选择“制作焊缝”菜单即可（要将排除在外的焊件添加到切割清单，可右击此焊件，在弹出的快捷菜单中选择“制作非焊缝”菜单项即可）。

STEP 3 右键单击模型树中的“材质”项，在弹出的快捷菜单中选择“编辑材料”菜单项，如图 9-71 左图所示，打开“材料”对话框，选择模型的“材质”为“普通碳钢”，如图 9-71 右图所示。



图 9-71　更改材料材质操作

STEP 4 再次打开“切割清单”选项列表，并右键单击“横梁”切割清单项，在弹出的快捷菜单中选择“属性”菜单项，如图 9-72 左图所示，打开“切割清单属性”对话框，如图 9-72 右图所示，在“属性名称”栏中的最后一排的下拉列表中选择“重量”列表项，并在

"数值/文字表达"栏中选择"质量"列表项。

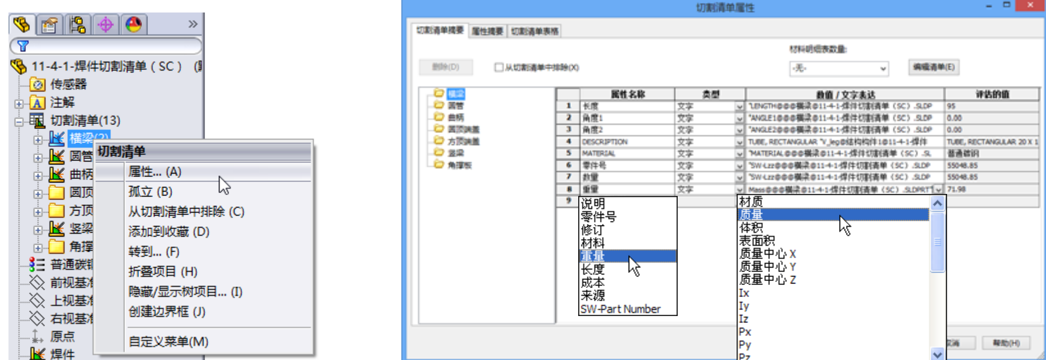


图 9-72　设置切割清单内项目属性操作 1

STEP 5 在"切割清单属性"对话框中继续操作，分别选择左侧的圆管、曲柄等其他所有项，并为其添加"重量"属性，如图 9-73 所示。



图 9-73　设置切割清单内项目属性操作 2



"切割清单属性"对话框中，系统默认提供了"说明""零件号""修订"等属性，用户可以直接选择使用，也可以自行命令新的属性，而单击此对话框右上角的"编辑清单"按钮则可以添加或删除这些属性。

需要注意的是"DESCRIPTION"通常相当于"说明"属性，而"MATERIAL"则是指材质。此对话框右侧的"属性摘要"和"切割清单表格"标签栏则是对当前的切割清单项目进行横向预览使用的。

STEP 6 上面操作完成后，将文件另存为"9-4-1-焊件切割清单（end）.SLDPRT"文件，然后新建一 A3 大小的图纸，选择此文件为建立工程图的零件，创建一前视图及两个投影视图，如图 9-74 所示。

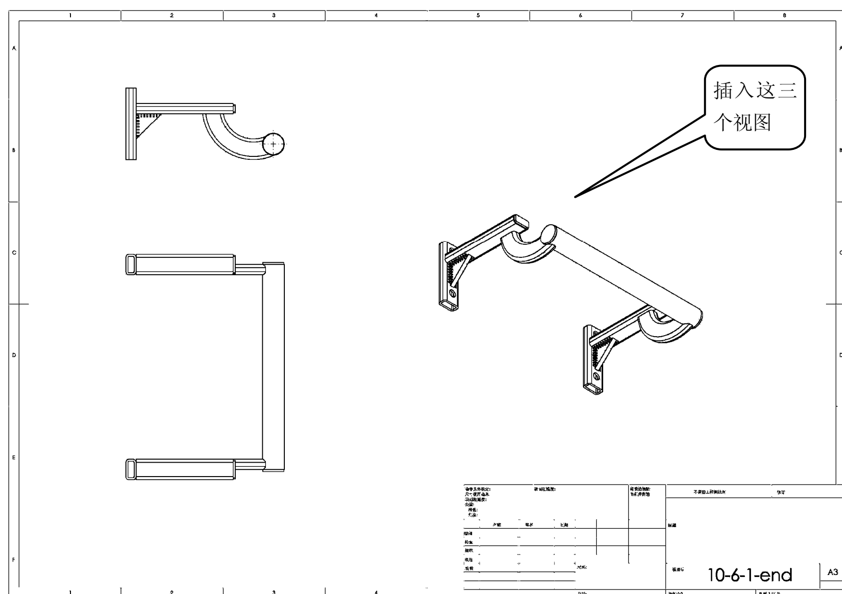


图 9-74 创建的焊件视图

STEP 7 分别选中前视图和上视投影视图，并为其“插入注解”，如图 9-75 所示（需要注意的是，在前视图中需要删除部分重复的注解）。

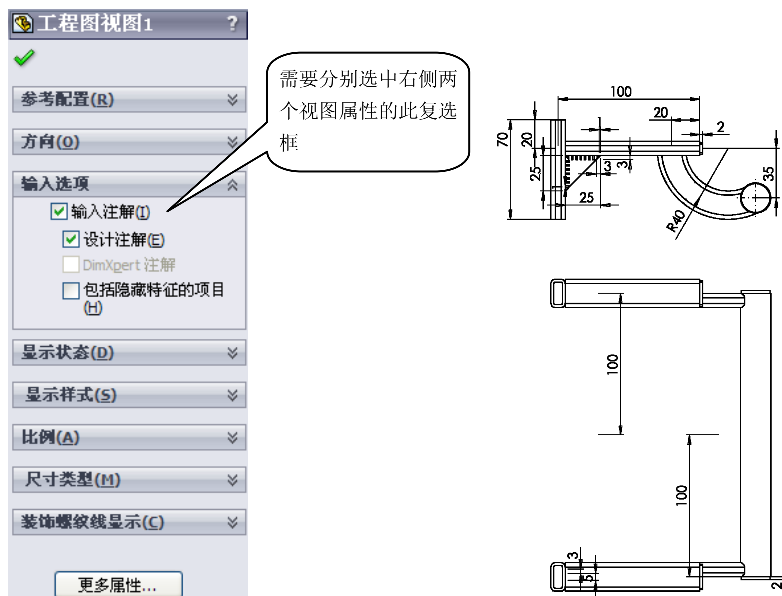
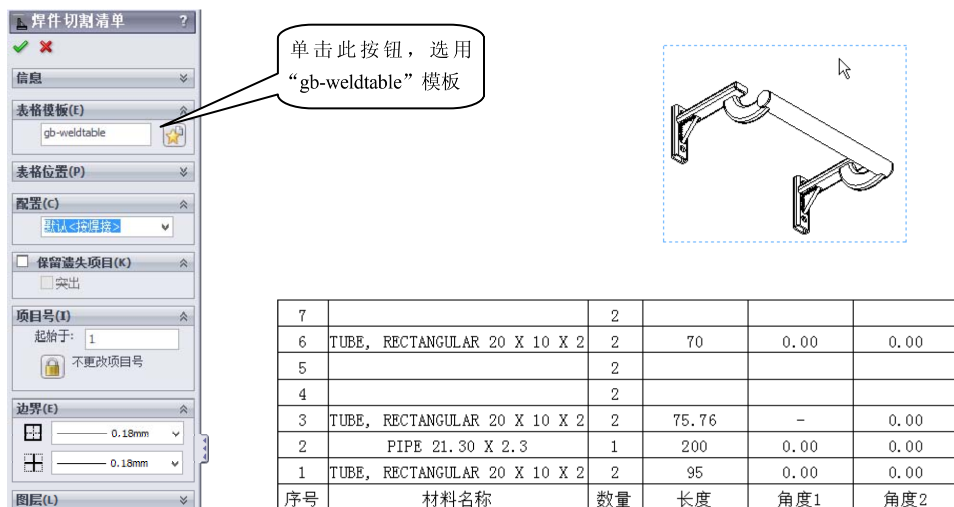


图 9-75 输入注解操作

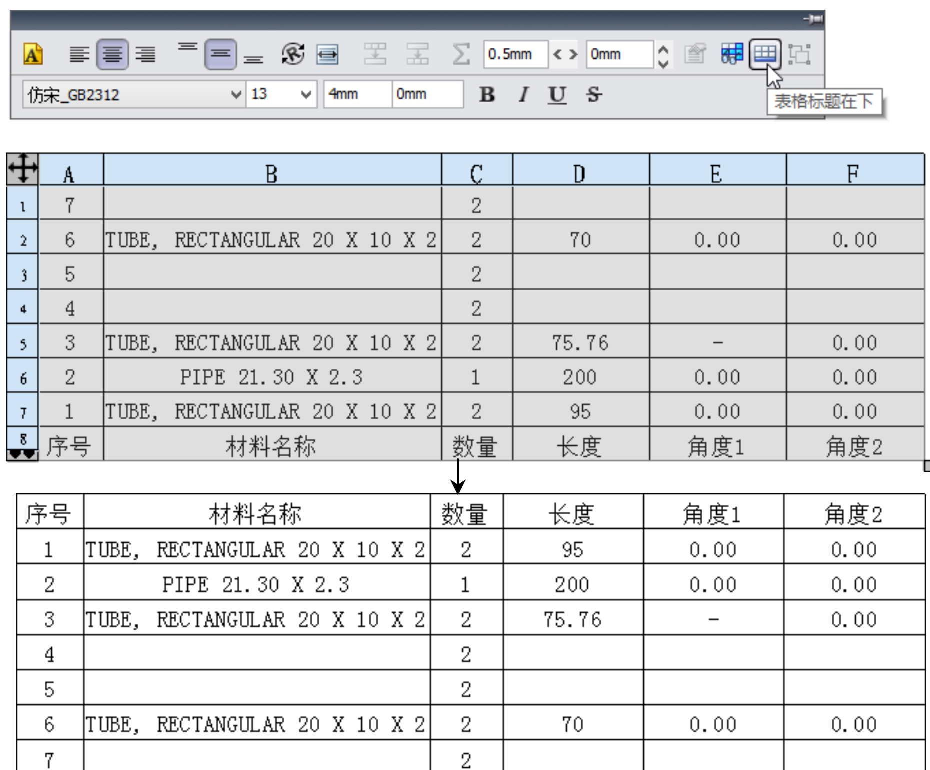
STEP 8 选中斜视投影视图，如图 9-76 右上图所示，单击“注解”工具栏“总表”下拉列表下的“焊件切割清单”列表项，打开“焊件切割清单”属性管理器，单击“选择模板”按钮，选择“gb-weldtable”模板为清单模板，其他选项并保持系统默认设置，单击“确定”按钮，再在操作区的适当位置单击，插入“切割清单”，如图 9-76 右图所示。



7		2			
6	TUBE, RECTANGULAR 20 X 10 X 2	2	70	0.00	0.00
5		2			
4		2			
3	TUBE, RECTANGULAR 20 X 10 X 2	2	75.76	-	0.00
2	PIPE 21.30 X 2.3	1	200	0.00	0.00
1	TUBE, RECTANGULAR 20 X 10 X 2	2	95	0.00	0.00
序号	材料名称	数量	长度	角度1	角度2

图 9-76 插入切割清单操作

STEP 9 选中插入的“切割清单”，在显示出来的“表格编辑”工具栏中，单击“表格标题在下”按钮，改变表格标题的位置，如图 9-77 所示。



	A	B	C	D	E	F
1	7		2			
2	6	TUBE, RECTANGULAR 20 X 10 X 2	2	70	0.00	0.00
3	5		2			
4	4		2			
5	3	TUBE, RECTANGULAR 20 X 10 X 2	2	75.76	-	0.00
6	2	PIPE 21.30 X 2.3	1	200	0.00	0.00
7	1	TUBE, RECTANGULAR 20 X 10 X 2	2	95	0.00	0.00
8	序号	材料名称	数量	长度	角度1	角度2

序号	材料名称	数量	长度	角度1	角度2
1	TUBE, RECTANGULAR 20 X 10 X 2	2	95	0.00	0.00
2	PIPE 21.30 X 2.3	1	200	0.00	0.00
3	TUBE, RECTANGULAR 20 X 10 X 2	2	75.76	-	0.00
4		2			
5		2			
6	TUBE, RECTANGULAR 20 X 10 X 2	2	70	0.00	0.00
7		2			

图 9-77 插入切割清单操作

STEP 10 选中插入的“切割清单”的“数量”列，向右拖动，将其移动到“材料名称”列的左侧，如图 9-78 所示。

序号	数量	材料名称	长度	角度1	角度2
1	2	TUBE, RECTANGULAR 20 X 10 X 2	95	0.00	0.00
2	1	PIPE 21.30 X 2.3	200	0.00	0.00
3	2	TUBE, RECTANGULAR 20 X 10 X 2	75.76	-	0.00
4	2				
5	2				
6	2	TUBE, RECTANGULAR 20 X 10 X 2	70	0.00	0.00
7	2				

图 9-78　移动切割清单中的列

STEP 11 右键单击“序号”列，在弹出的菜单中选择“插入”>“左列”命令，为表格插入新的列，如图 9-79 所示。

图 9-79　插入新列操作 1

STEP 12 选中新插入的列，在左侧显示“列”属性管理器，如图 9-80 左图所示，选中“切割清单项目名称”单选按钮，并在“标题”文本框中输入“名称”文字，以添加名称列，效果如图 9-80 右图所示。

切除清单名称	序号	数量	材料名称	长度	角度1	角度2
横梁	1	2	TUBE, RECTANGULAR 20 X 10 X 2	95	0.00	0.00
圆管	2	1	PIPE 21.30 X 2.3	200	0.00	0.00
曲柄	3	2	TUBE, RECTANGULAR 20 X 10 X 2	75.76	-	0.00
圆顶端盖	4	2				
方顶端盖	5	2				
竖梁	6	2	TUBE, RECTANGULAR 20 X 10 X 2	70	0.00	0.00
角撑板	7	2				

图 9-80　插入新列操作 2

STEP 13 分别选中右侧两个“角度”列，并分别为其设置与零件的“重量”属性及“材料”属性相关联，并根据需要更改列名，调整后的表格效果如图 9-81 所示。

名称	项目号	数量	说明	长度	重量	材料
横梁	1	2	TUBE, RECTANGULAR 20 X 10 X 2	95	9.23	普通碳钢
圆管	2	1	PIPE 21.30 X 2.3	200	27.46	普通碳钢
曲柄	3	2	TUBE, RECTANGULAR 20 X 10 X 2	75.76	6.78	普通碳钢
圆顶端盖	4	2			0.65	
方顶端盖	5	2			0.28	
角撑板	6	2			1.56	普通碳钢
竖梁	7	2	TUBE, RECTANGULAR 20 X 10 X 2	70	6.40	普通碳钢

图 9-81　插入新列操作 3



STEP 14 选中斜投影视图，单击“注解”工具条的“自动零件序号”按钮，在弹出的“自动零件序号”管理器中选择“方阵”标注方式，以及“圆形”序号样式，单击“确定”按钮为视图添加零件序号，如图 9-82 所示。



图 9-82　插入零件序号操作

STEP 15 执行主菜单“插入”>“工程图视图”>“相对于模型”菜单命令，切换到模型文件编辑工作界面下，并选中一侧竖板，并为其设置第一和第二方向，如图 9-83 所示，单击“确定”按钮继续。

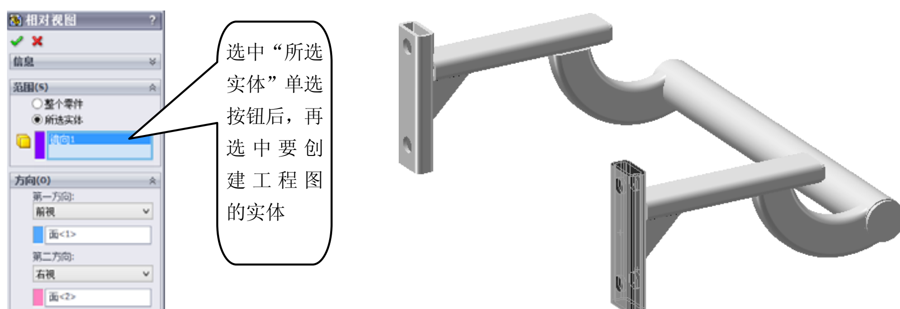


图 9-83　插入“相对于模型”视图操作 1

STEP 16 切换回工程图创建窗口，并在工程图的适当位置单击即可创建所选实体的单独工程图，然后单击“智能尺寸”按钮为此工程图上的圆孔标注直径，及两个圆孔间的间距和距离上边界的距离即可，如图 9-84 所示（最终效果见图 9-68）。

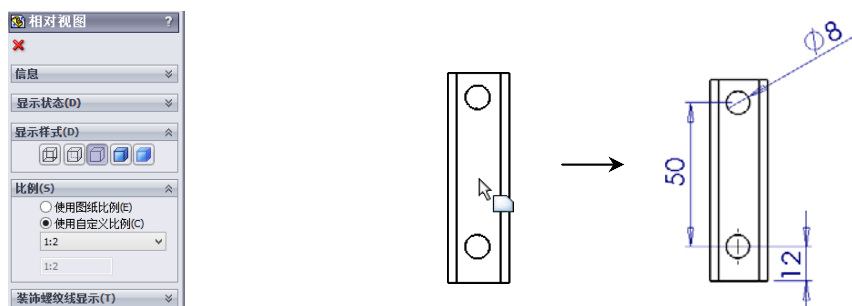


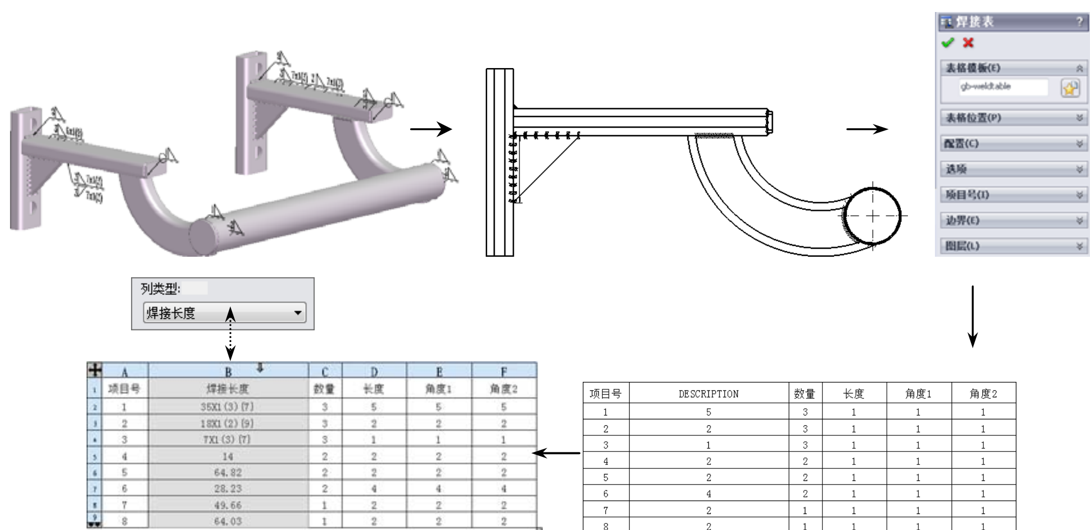
图 9-84　插入“相对于模型”视图操作 2

上面操作中主要讲述了“切割清单”的作用及其中各项参数的意义，工程图中“切割清单”表格的编辑，焊件工程图中序号的自动添加，以及“相对于模型”工程图的创建方法等，这几个方面是需要用户重点理解和掌握的。

9.4.2 焊接表的创建

除了“切割清单”，还可以直接创建“焊接表”。“焊接表”用于在工程图中，生成一个焊件的所有焊缝的列表。

在模型环境中，为模型添加了焊缝后，进入工程图环境，首先创建一个模型视图，然后单击“焊接表”按钮，并选用焊接表模板，再在任意位置单击，即可生成焊接表（双击“焊接表”中的某一列，可以通过打开的“列类型”对话框更改此列的列属性值），如图 9-85 所示。



项目号	DESCRIPTION	数量	长度	角度1	角度2
1	5	3	1	1	1
2	2	3	1	1	1
3	1	3	1	1	1
4	2	2	1	1	1
5	2	2	1	1	1
6	4	2	1	1	1
7	2	1	1	1	1
8	2	1	1	1	1

	A	B	C	D	E	F
1	项目号	焊接长度	数量	长度	角度1	角度2
2	1	35X1 (3) (7)	3	5	5	5
3	2	18X1 (2) (9)	3	2	2	2
4	3	7X1 (3) (7)	3	1	1	1
5	4	14	2	2	2	2
6	5	64.82	2	2	2	2
7	6	28.23	2	4	4	4
8	7	49.66	1	2	2	2
9	8	64.03	1	2	2	2

图 9-85 创建“焊接表”操作

9.4.3 子焊件

一个庞大的焊件可能有很多构件组成，对于这样的构件，系统可能自动将其归结为一类，也可能将其归结为多类，这些归类可能正确也可能不正确，使用“子焊件”可以添加新的“切割清单项目”。子焊件可以单独保存，但是它与父焊件是相关联的（父焊件更新后，子焊件将自动更新，但是对子焊件所做的修改却不会反应到父焊件中）。

可以将列举在特征管理器设计树“切割清单”中的任何实体，包括结构构件、顶端盖、角撑板、圆角焊缝以及使用“剪裁 / 延伸”命令所剪裁的结构构件等创建为子焊件。此时只需在“切割清单”中右键单击要创建子焊件的实体，再在弹出的快捷菜单中选择“生成子焊件”菜单项即可，如图 9-86 左图所示。如选择“插入到新零件”菜单则可以直接将子焊件导出为零件类型的子焊件文件，如图 9-86 右图所示。

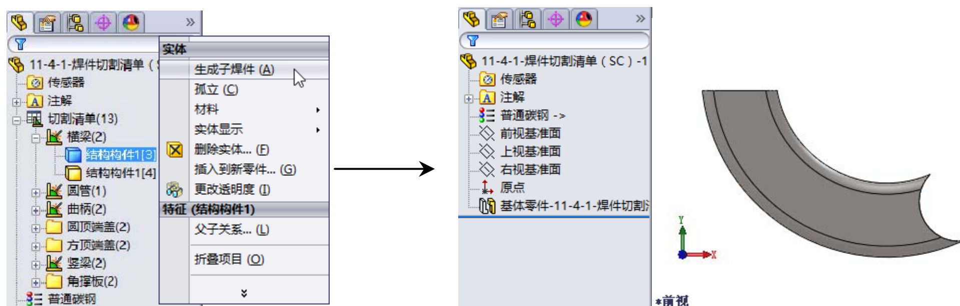


图 9-86　插入“相对于模型”视图操作 2



取消切割清单的“自动”更新状态，将所有“切割清单项目”删除后，再次恢复切割清单的“自动”更新状态，可以将“子焊件”文件夹删除。

实例精讲——沙滩车车架焊接件设计

随着我国人均收入的提高，旅游市场的火热，沙滩车已成为目前较具市场潜力的车种。而为了适应这种发展趋势，以及令用户加深对本章内容的理解和掌握，下面就来讲一个创建“沙滩车车架焊接件”的例子，包括结构构件、焊接和工程图等组成部分。

【制作分析】

沙滩车的本身构造并不复杂，主要由车架、电机、电瓶和轮轴转向装置等组成，如图 9-87 右图所示，而其车架则主要由焊接件组成，如图 9-87 左图所示，可通过结构构件、焊接等完成，下面就来讲述其创建方法。

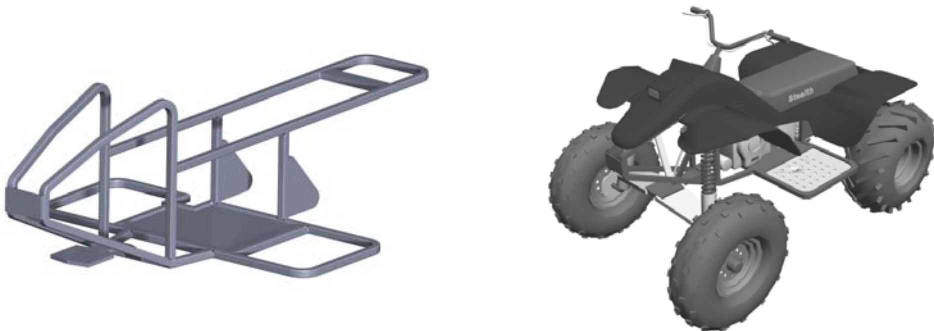


图 9-87　沙滩车车架和其效果图

【制作步骤】

STEP 1 打开本书提供的素材文件“9-4-沙滩车-SC.SLDPRT”，如图 9-88 所示。

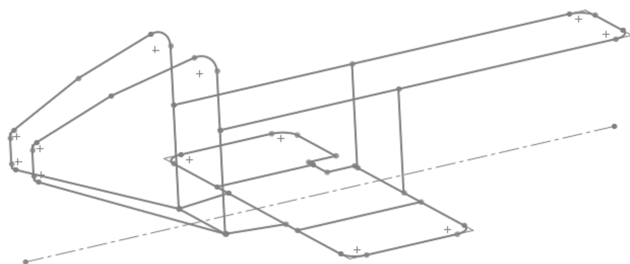


图 9-88　沙滩车草图

STEP 2 单击“焊件”工具条中的“结构构件”按钮，在打开的“结构构件”属性管理器中依次选择“iso”>“方型管”>“30×30×2.6”，并选择“草图 1”作为路径曲线，单击“确定”按钮，创建“顶部支架”的焊件，如图 9-89 所示。

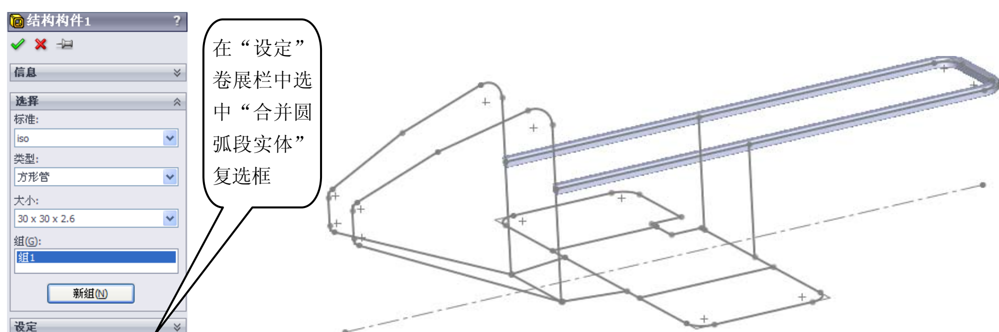


图 9-89　创建“顶部框架”结构构件

STEP 3 通过与步骤 2 相同的操作，以相同的参数，选择其余草图作为路径曲线，多次执行“结构构件”操作，创建沙滩车其余部分的焊件，如图 9-90 所示。

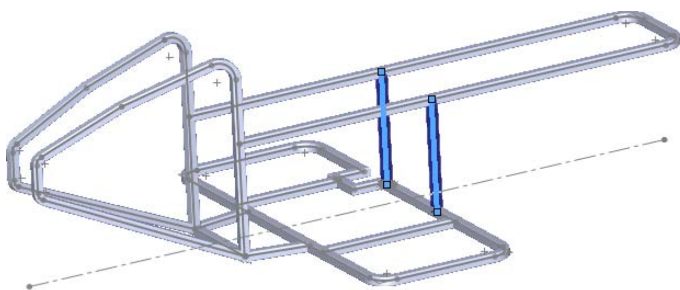


图 9-90　创建沙滩车的结构构件

STEP 4 将所有草图隐藏，单击“焊件”工具栏的“剪裁/延伸”按钮，选中“面/平面”单选按钮，以面作为剪裁边界的方式，对需要剪裁的部分进行剪裁操作（需执行多次剪裁操作），如图 9-91 所示。

STEP 5 创建一基准面，然后在此基准面中创建一如图 9-92 左图所示的草绘图形（注意其右侧直线与“底部框架”的边界共线，且两端点重合）；然后对此草图进行拉伸，以“两侧对称”方式，拉伸出“前部垫板”的基本板件，如图 9-92 右图所示。

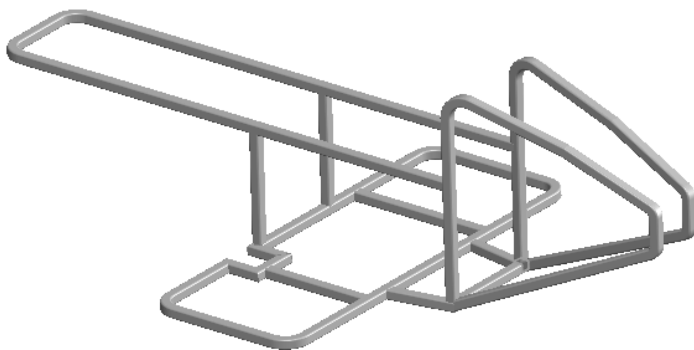


图 9-91　对沙滩车结构构件执行剪裁操作

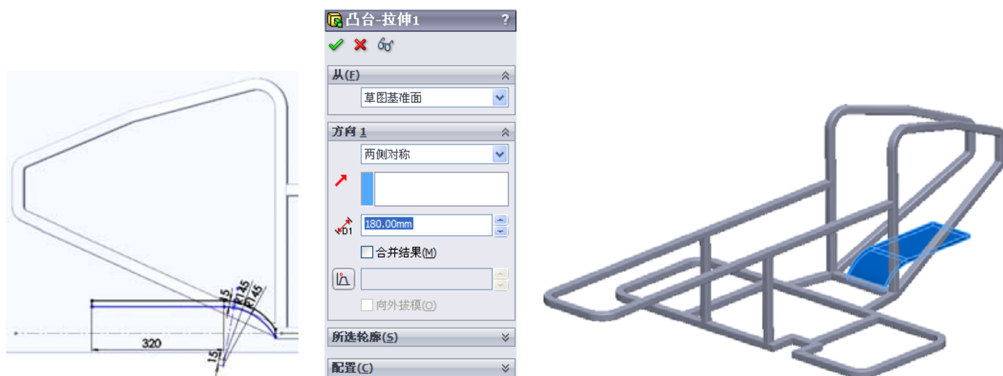


图 9-92　绘制草图并拉伸实体

STEP 6 在“前视基准面”中绘制一如图 9-93 左图所示的草绘图形，并使用其进行拉伸切除操作，对步骤 5 中创建的实体进行拉伸切除，切除出“前部垫板”，如图 9-93 右图所示。

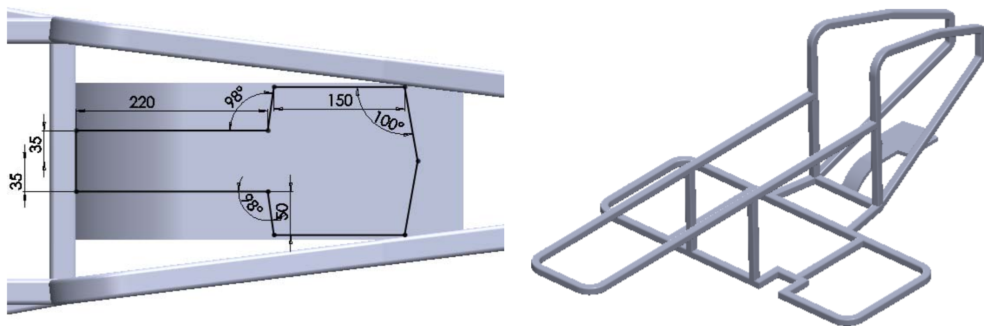


图 9-93　绘制草图并进行拉伸切除操作

STEP 7 单击“基准面”按钮，创建一平行于“右视基准面”且经过“右侧支架”最前部端点的基准面；然后在新创建的基准面中创建一经过左右支撑架边界端点的矩形草图，再对草图执行向外拉伸操作，拉伸深度为 15，如图 9-94 所示。

STEP 8 在“基准面 1”中创建一经过“底部框架”内边界的草绘图形，并进行两侧拉伸操作，拉伸深度为 15，如图 9-95 所示。

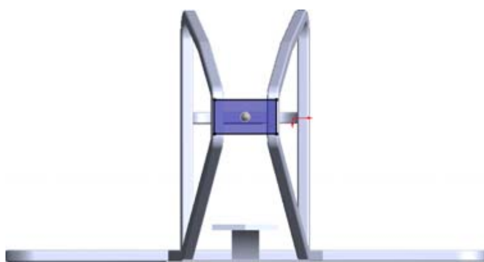


图 9-94 创建基准面图、草图并进行拉伸操作

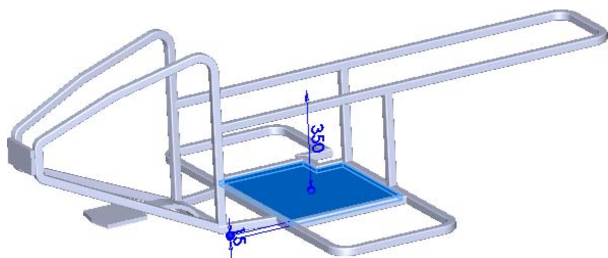


图 9-95 创建草图并拉伸出底部的“脚衬垫板”

STEP 9 在“前视基准面”中创建一如图 9-96 所示的矩形草图（两侧边界与结构构件的边界对齐），并进行两侧拉伸操作，拉伸深度为 25。

STEP 10 在经过“草图 3”中竖线，且与“上视基准面”平行的面中创建如图 9-97 左图所示的草绘图形，并进行两侧拉伸操作，拉伸深度为 18，创建如图 9-97 右图所示的“轮胎支板”件，并通过相同操作创建另外一侧的“轮胎支板”件。

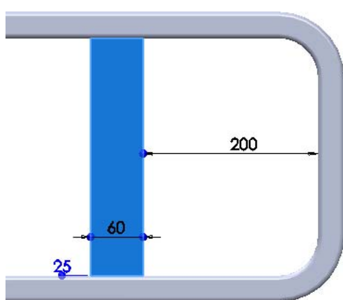


图 9-96 创建前部连接板

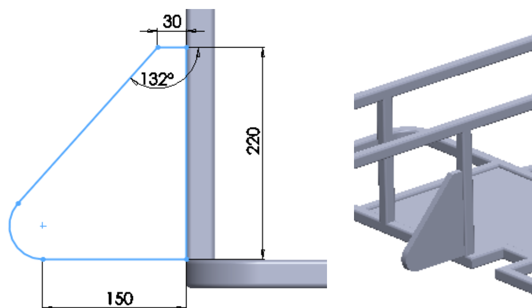


图 9-97 创建轮胎支板

STEP 11 多次单击“焊件”工具条的“焊缝”按钮，设置“圆角大小”为 3，在需要添加焊缝的位置添加“焊缝”，如图 9-98 所示。

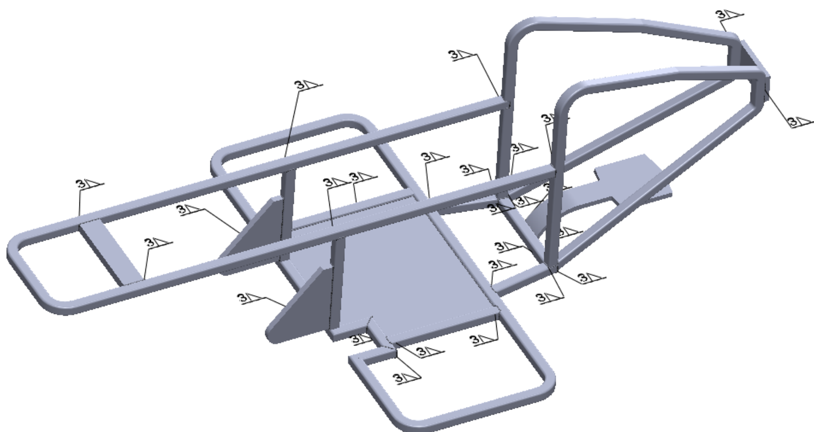


图 9-98 焊接车架

STEP 12 通过拖动操作调整“切割清单”中“项目”下的构件构成，如图 9-99 所示，首

先将“底部框架”的几个构件拖动到一个项目中，并将其重命名为“底部框架”。

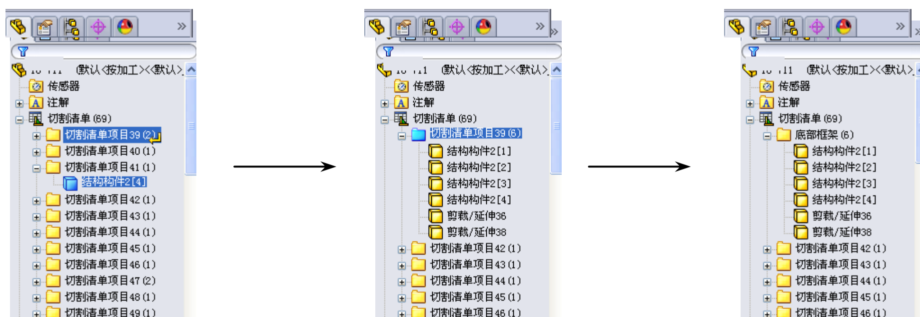


图 9-99　调整切割清单并进行重命名操作

STEP 13 通过相同操作将其他构件部分进行分组（调整到单独的项目中），并进行重命名，如图 9-100 所示，与其对应的构件位置如图 9-100 右图所示（然后将文件保存）。

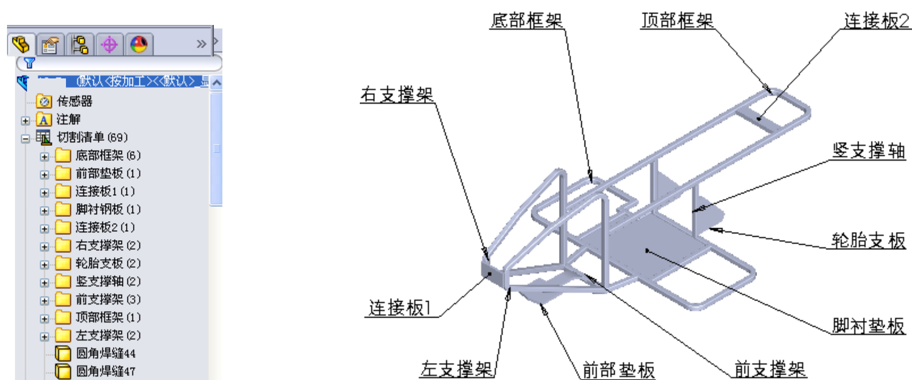
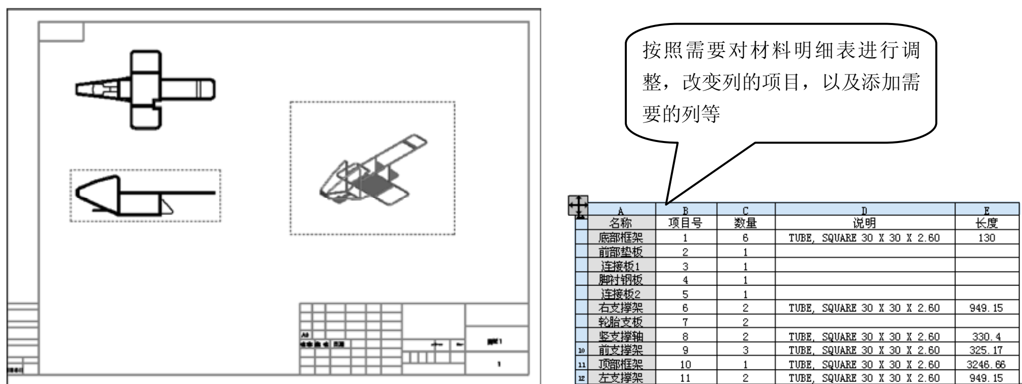


图 9-100　调整切割清单项目并对所有项目进行重命名

STEP 14 选择“文件”>“新建”菜单，创建“A3（GB）”标准图纸大小的图纸，然后选择上面步骤创建的文件为视图的源文件，用其创建三个视图，如图 9-101 左图所示。然后执行“材料明细表”操作创建材料明细表，如图 9-101 右图所示。



A	B	C	D	E
名称	项目号	数量	说明	长度
底部框架	1	6	TUBE, SQUARE 30 X 30 X 2.60	130
前部垫板	2	1		
连接板1	3	1		
脚衬钢板	4	1		
连接板2	5	1		
右支撑架	6	2	TUBE, SQUARE 30 X 30 X 2.60	949.15
轮胎支板	7	2		
竖支撑轴	8	2	TUBE, SQUARE 30 X 30 X 2.60	330.4
前支撑架	9	3	TUBE, SQUARE 30 X 30 X 2.60	325.17
顶部框架	10	1	TUBE, SQUARE 30 X 30 X 2.60	3246.66
左支撑架	11	2	TUBE, SQUARE 30 X 30 X 2.60	949.15

图 9-101　创建视图和材料明细表

STEP 15 选中三维视图，单击“注解”工具条中的“自动零件序号”按钮，为其添加零件序号，如图 9-102 所示。

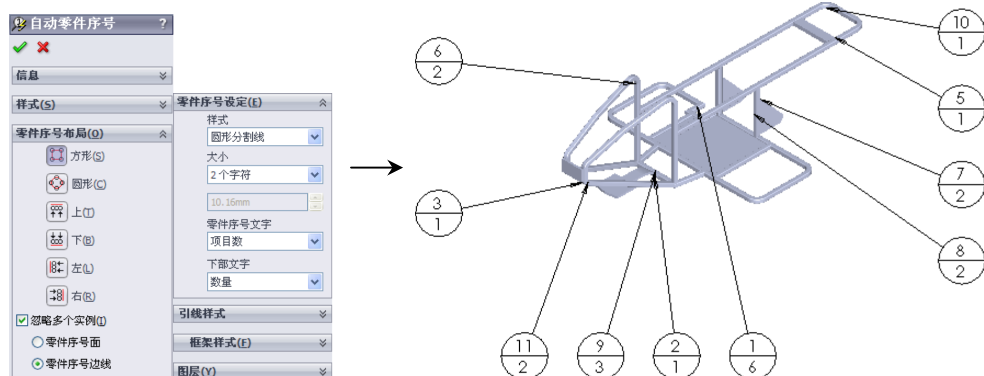
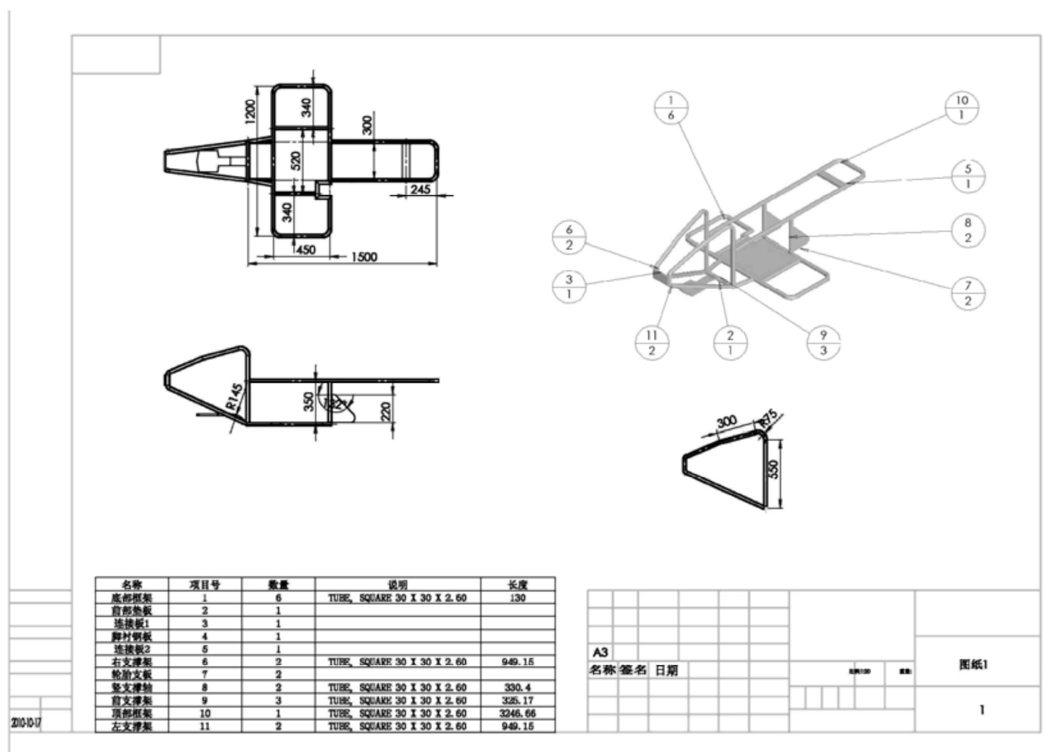


图 9-102 添加零件序号操作

STEP 16 选择“插入”>“工程图视图”>“相对于模型”菜单，选择“左支撑架”竖轴的侧面和后面作为第一和第二视角，创建其单独的工程图，如图 9-103 所示。

STEP 17 以添加的中心线为边界线，单击“智能尺寸”按钮为模型添加适当的尺寸标注，完成工程图的创建，效果如图 9-103 所示。



名称	项目号	数量	说明	长度
底部框架	1	6	TUBE, SQUARE 30 X 30 X 2.60	130
前部垫板	2	1		
连接板1	3	1		
脚衬钢板	4	1		
连接板2	5	1		
右支撑架	6	2	TUBE, SQUARE 30 X 30 X 2.60	949.15
轮胎支板	7	2		
竖支撑轴	8	2	TUBE, SQUARE 30 X 30 X 2.60	330.4
前支撑架	9	3	TUBE, SQUARE 30 X 30 X 2.60	325.17
顶部框架	10	1	TUBE, SQUARE 30 X 30 X 2.60	3246.66
左支撑架	11	2	TUBE, SQUARE 30 X 30 X 2.60	949.15

图 9-103 添加适当的标注及工程图的最终效果

9.5 本章小结

本章主要介绍了 SolidWorks 中的一个重要的模块——“焊件”的相关知识，通过本章学习，读者应该掌握“焊件”功能模块中基本按钮的使用，并大致理解 SolidWorks 中如此安排焊件功能的作用和用意，以为实际工作中灵活运用此模块打下坚实的基础。

9.6 思考与练习

一、填空题

（1）焊接零件设计环境实际上是一个__________的零件设计环境，即在焊接零件中，每一个结构构件或焊接特征都是一个__________。

（2）焊接零件中，系统将自动添加两个配置，分别为__________和__________。

（3）可使用“焊件”工具条中的__________直接生成焊件，系统会自动将零件标记为焊接件。

（4）在 SolidWorks 中，焊件实际上主要是为了方便设计一些主要由很多标准的______、________、工字横梁、________、角铁和________等组成的零件而设计的。而焊接的意义就在于将这些标准件进行排列和组合，或与其他______________进行焊接，从而设计出符合要求的机件或零件。

（5）可以使用______或______，也可以混合使用两种类型的草图，作为结构构件的路径曲线。但是应避免______________绘制在一个草图中，应注意平衡草图的复杂程度与其他操作的利益关系，并且不可使用__________作为结构构件的路径。

（6）在同一个组中的路径线段必须满足如下条件：________；__________________。否则需要使用两个组来选择路径曲线。

（7）在创建结构构件的过程中，当结构构件在边角处交叉时，可以在“结构构件”属性管理器中定义剪裁结构构件重叠部分的方式，如图 9-12 所示。共有三种剪裁方式，分别为____________、____________和____________。

（8）除了可自动裁剪结构构件的边角外，如多次添加的结构构件出现交叉，则可以使用系统提供的__________功能对结构构件相交的部分进行剪裁。

（9）可以为焊件添加三种焊缝，分别______、______和______焊缝。

（10）__________主要用于加固两个结构构件的相交区域，令结构构件连接的更牢固且不易变形。

二、问答题

（1）如何自定义结构构件的轮廓？并简述其操作。

（2）什么是“交错”焊缝？并简述其意义。

（3）切割清单有何作用？简述对切割清单的属性进行定义的过程。

三、操作题

（1）使用本章所学的知识，创建如图 9-104 所示的“椅子”焊件模型。

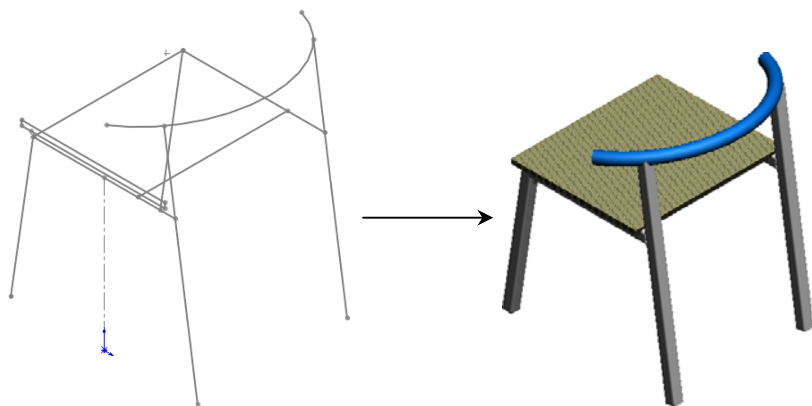


图 9-104 “椅子”焊件轮廓草图和其最终效果



本实例使用标准方形管 30 × 30 × 2.6 即可创建椅子的腿部部分，椅子“靠背”可通过标准管道 33.7 × 4.0 创建，椅子底部衬垫使用顶端盖创建，此外椅子焊件各步操作的详细值可参见本书提供的素材文件“9-6-练习 1-end.sldprt”。

（2）使用本章所学的知识，创建如图 9-105 所示的“手推车”焊件模型。

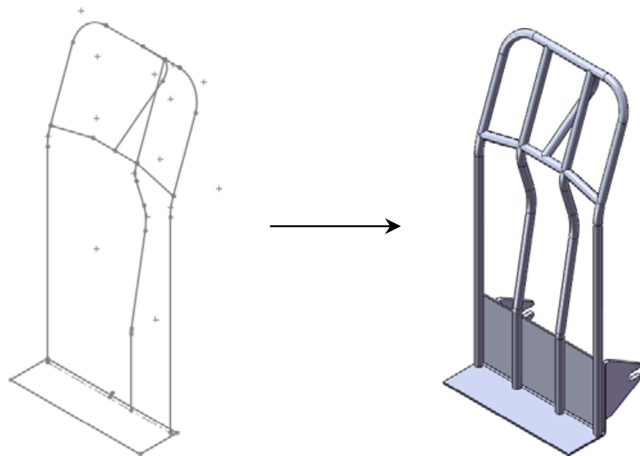


图 9-105 需创建的“手推车”模型和其图线



本实例结合了钣金和焊件两个模块的功能来创建“手推车”模型，可对前面两章内容进行有效的复习，“手推车”模型各步操作的详细值可参见本书提供的素材文件“9-6-练习 2-end.sldprt”。

第 10 章　模 具 设 计

本章要点

- 模具设计基础
- 分模前的分析操作
- 分模前的整理操作
- 分模操作

学习目标

模具概括地说就是用以限定生产对象的形状和尺寸的装置。在 SolidWorks 的零件模块中可以进行较简单的模具设计，如可进行拨模分析，创建分型线、分型面，进而创建型腔和型芯等，本章将对以上功能内容进行详细讲述。

10.1　模具设计基础

模具有很多类型，如按所成型材料的不同，可分为金属模具和非金属模具。金属模具又分为铸造模具和锻造模具；非金属模具则分为塑料模具和无机非金属模具。

- 铸造模具：主要用于大规模生产的非钣金钢件，如冷镦、模锻、金属，以及有色金属压铸和粉末冶金等，如图 10-1 左图所示为铸铁操作。
- 锻造模具：主要用于钣金出料和钣金加工等，如热轧、冷轧、折弯、冲孔等。
- 塑料模具：主要用于制作塑料件，可通过注塑、吹塑等工艺进行批量生产，如图 12-1 右图所示为常见的注塑机。
- 无机非金属模具：主要用于光学玻璃、工业陶瓷、石棉等的加工和制造。

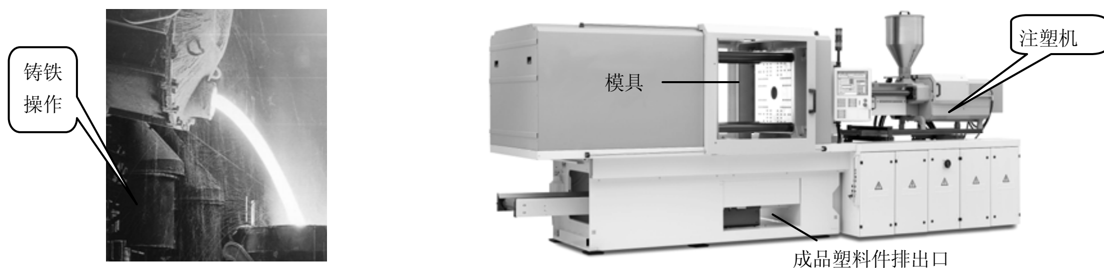


图 10-1　铸铁操作和常见的注塑机

不同模具，其生产工艺和操作过程有很大不同。如铸铁用的铸造模具多使用砂箱如图 10-2 左图所示，在进行铸造时需要经过制造砂型、起模和铸造等过程。

而塑料件的生产多使用注塑机，注塑机通常由注射装置、合模装置、液压传动和电气控制系统等组成。其中合模装置的设计和开发实际上也就是广义上所谓的模具设计，如图 10-1 右图所示为一较简单的整套模具的装配图。

合模装置又由成型零件、导向、脱模、抽芯、调温和排气等系统组成，狭意上的模具设计仅指设计合模装置中用于成型零件的型芯和型腔的操作。

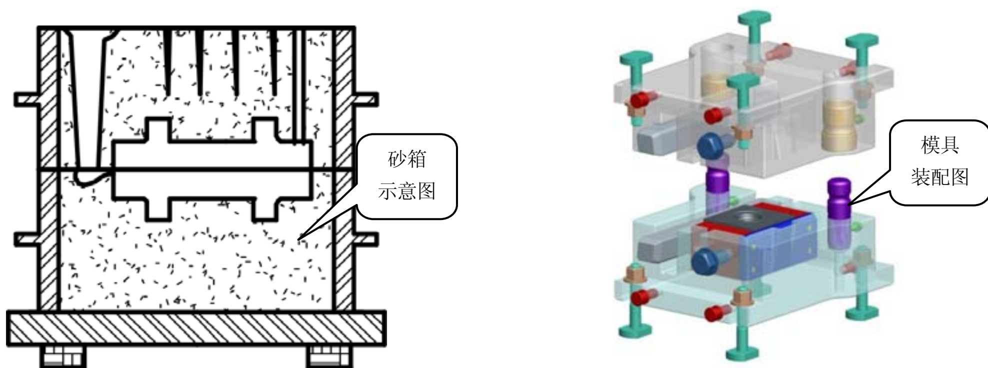


图 10-2 砂箱示意图和模具装配图

本文主要讲述使用 SolidWorks 设计注塑模具中型芯和型腔的操作，要想进行更复杂的设计，如要设计导向系统、脱模系统等，则需要使用 SolidWorks 的 IMOLD 插件；而要进行五金模具的设计，则需要使用 3dquickpress 插件（关于这些插件的使用，请参考其他专业书籍）。

10.1.1 模具设计的简单概念

理论联系实际永远是最好的学习方式，因此在正式进行模具设计之前，我们先来了解一些与模具生产相关的原理、名词和工序，以使我们学习时有的放矢，具体如下。

1．模具的生产原理

注塑模具的生产原理是，由凸模和凹模围成型腔，在型腔中填充热融的塑料原料，在一定压力下冷却成型后开模即可形成产品，如图 10-3 所示。

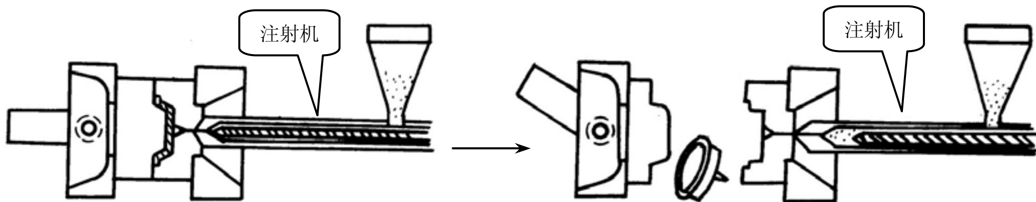


图 10-3 模具生产过程示意图

2．型腔和型芯

构成产品空间的零件称为成型零件（即模具整体），成型产品外表面的（模具）零件称为型腔。如图所示 10-4 所示，型腔通常是具有下凹槽的一个腔体，也称前模（或母模、凹模），而相对应的凸起部分则称为型芯，也称后模（或子模、凸模）。

此外，在进行注塑成型的过程中，模具的型芯和型腔通常总有一个固定不动，而另一个

则进行周期性的反复运动，以不断的加注原料、成型冷却并脱模出零件，其中固定不动的一侧通常也被称为“定模”，而动的一侧则被称为“动模”。

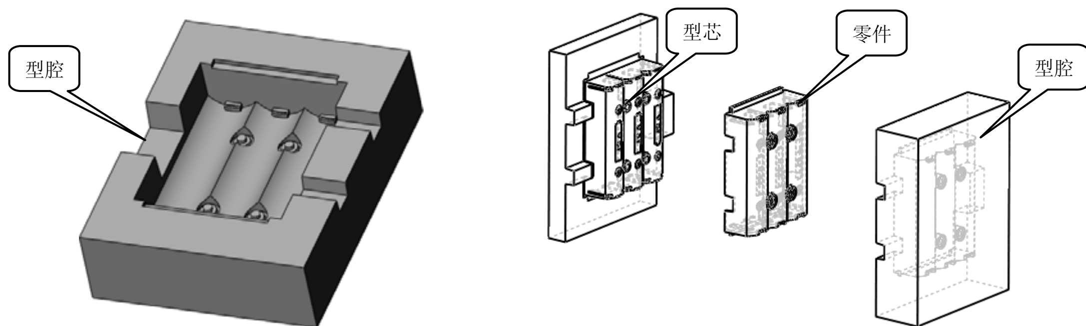


图 10-4　模具的型腔和型芯



除了上面介绍的型腔和型芯之外，在模具中还经常会用到模架、镶块、滑块、顶杆和定位环等辅助结构，其中：

✧ 镶块是指在模具中可以更换，用螺钉固定在模具型腔内的零件，一般是模具上容易磨损的部位。
✧ 滑块也被称为侧型芯，是指在模具的开模动作中能够按垂直于开合模方向（或与开合模方向成一定角度）滑动的模具组件（多用于制作侧孔）。
✧ 顶杆主要用于制作一些倒钩区域，并可在开模过程中辅助将零件从型芯上顶出。
✧ 定位环是指模具安装到注塑机上后，为使注塑机喷嘴中心与浇口套中心快速对接所用到的零件。

以上零件都是注塑模具中要用到的零件，当然本文不会全部讲解其制作方法，但是对其有一个初步的了解，将有助于以后章节的学习。

3．模具设计与制造流程

一个模具到底是如何制造出来的呢？其流程是什么样的？在工厂中，它都涉及哪些部门和人员呢？为了给大家一个更直观的概念，以利于日后对软件功能的掌握，以及学习方向的选择，我们再来看一下模具设计与制造的详细流程，具体如下：

① 客户送来模型的 3D 文档：模具设计人员根据客户产品进行结构排位（包括确定分型面、拔模斜度和采用的结构等），再用模流分析软件确定浇口的最佳位置，并制作组立图交付客户确认。

② 模具的 3D 建模操作：根据客户的反馈以及客户任务书的要求（如标准件规格、产品缩水要求等）开始 3D 建模。

③ 采购：完成 3D 建模后，根据模具要求采购钢料及标准件，并定购模架（或自己制作模架）。

④ 出图：出 2D 图，并与组装 3D 图等一起交付模具加工人员。

⑤ 现场加工：模具加工人员首先根据模具设计人员送来的文件编写数控加工代码，也就

是模具编程，然后进行 CNC 数控加工，数控加工不方便的地方，再进行 EDM 电火花加工，最后由钳工进行模具的抛光和组装（模具设计人员有时也需要跟踪现场，以解决加工中遇到的问题）。

⑥ 试模：模具在制作完成所有配件并装配完毕后，需要通过实际的注塑并得到零件样品，然后通过样品检测才能确定模具的制作是否完全符合设计要求。试模完毕后，模具设计人员要根据试模的结果对模具进行调整和再优化。

⑦ 设计变更：根据客人的设计变更要求进行改模。

⑧ 图档的整理和存档：一个好的结构可以重复使用，所以应进行整理并存档。



通过上面流程分析，我们可以了解到，在模具的加工和制作的过程中，模具设计和模具加工是有分工的，所以在选择进入模具制造这个行业之前首先应该选好自己的学习方向。

此外，不管是模具设计还是模具加工人员，要想做好本职工作，还必须了解加工工艺，所以为了有更好的发展，笔者建议最好去做一段时间的钳工，或者 CNC、EDM 等操作人员。

10.1.2 模具设计工具条

右键单击 SolidWorks 建模环境中顶部的空白区域，在弹出的快捷菜单中选择“模具工具”项，可显示“模具工具”工具栏，如图 10-5 所示。

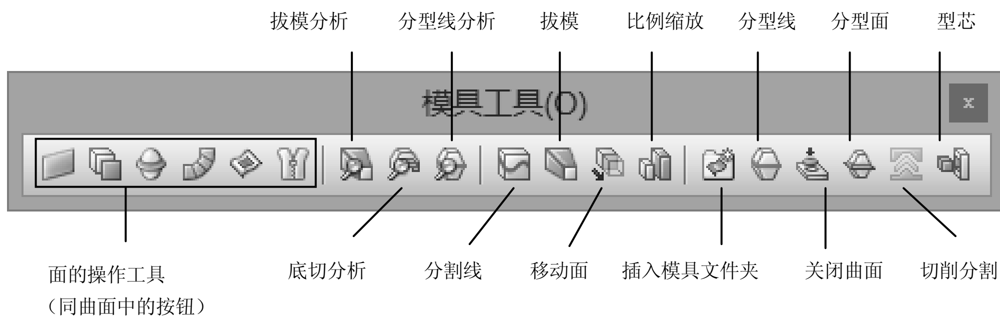


图 10-5 “模具工具”工具条

在“模具工具”工具栏中，左侧的六个面操作按钮主要用于手动创建分型面，其操作方法与在前面曲面部分讲述的相同，所以此处将不再重复叙述，而只在一些实例中介绍其在模具设计过程中的用途。

紧接着面处理工具的是三个分析按钮，用于对模具的面或线进行分析，以利于后续的处理操作。然后是“分割线”“拔模”“移动面”和“比例缩放”按钮，这四个按钮用于对模型进行前期处理，以利于分模。

“插入模具文件夹”按钮用于在“曲面实体”文件夹中插入几个用于模具操作的子文件夹，如图 10-6 左图所示，这几个子文件夹通常为“型腔曲面实体”“型芯曲面实体”和“分型面实体”文件夹（前提是当前文件中有面实体）。实际上在单击“分型线”按钮为模型添加

分型线后，系统将自动添加这三个文件夹，所以说此按钮主要用于用户在手动创建分型面时，添加模具操作的子文件夹，以对分型面进行管理。



关于"插入模具文件夹"按钮的用途，对于模具设计初学者来说，可能一时难于理解。实际上，当对分模掌握到一定程度时，会发现即使不创建分型线，也不使用系统提供的"分型面"按钮创建分型面，而完全通过手动创建面的方式，同样可以使用"切削分割"按钮进行分模操作。

而系统之所以提供了此按钮，其主要作用在于对手动添加的多个分型面进行分类管理，如用户可以将某个曲面拖动到"型芯曲面实体"文件夹，以令其用于对型芯部分面的成型处理（如图 10-6 中图和右图所示，此部分内容此处可不必完全理解）。

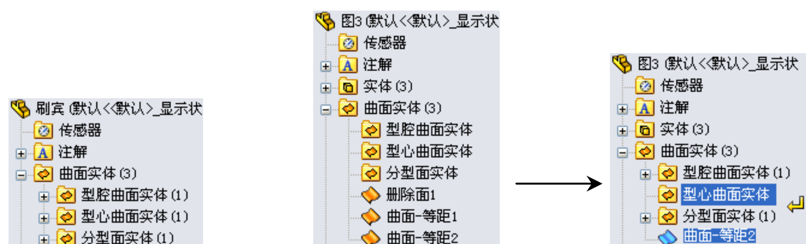


图 10-6 "模具文件夹"的作用

在"模具工具"工具栏中，右侧的"分型线""分型面"和"切削分割"等其他几个按钮，主要用于分型操作，即生成型芯和型腔实体，本文后面将详细讲述其功能。

10.1.3 SolidWorks 中模具设计的基本流程

在使用 SolidWorks 设计模具的过程中，注塑模具设计的一般流程如下：

- 模型分析：在分模之前首先应对模型进行分析，如找出模型的哪个部位不适合脱模，需要进行拔模，模型的哪个部位会妨碍模型的正常脱模，而需要创建侧型芯，或者找出在什么地方利于创建分型线等。
- 零件处理：分析完模型后，紧接着就需要根据分析的结果对零件进行处理，如进行拔模处理或设置缩放比例等。
- 分型操作：在完成零件处理后，首先创建分型线，而后将某些位于分型线内会造成型腔和型芯相通的曲面关闭，再利用分型线创建分型面，然后便可以创建型腔和型芯了。
- 模具结构件设计：完成上述操作后，根据需要创建侧型芯，以及顶杆和镶块等，然后添加模架，并在模架中加入标准件，再为其设计添加流道、冷却系统等。
- 3D 组装并仿真：完成整个模具设计后，对其进行组装，并可在 SolidWorks 中仿真模具的运行状态，以检验设计的可行性。没有问题后，完成模具设计。

本章主要讲解模型分析、零件处理和分型操作，而对模具结构件的设计、3D 组装和仿真等，只略作提及。

实例精讲——相机盖分模操作

下面我们制做一个相机盖的分模实例，通过此实例会发现通过使用 SolidWorks 提供的自动分模工具，分模实际上并不难。

【制作分析】

本实例所使用的零件模型和分模后的型芯和型腔如图 10-7 所示（实例中用到的相关知识将在后面小节中讲述），下面看一下具体的操作步骤。

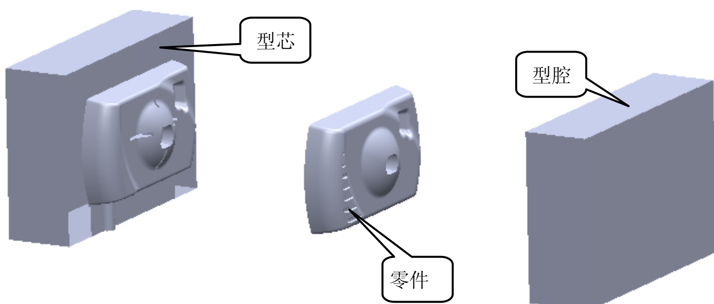


图 10-7 零件模型和分模后的型芯、型腔

【制作步骤】

STEP 1 打开本文提供的素材文件“相机盖-SC.SLDPRT”，单击“模具工具”工具条的“分形线”按钮，打开“分型线”属性管理器，选择零件上部面，单击“拔模分析”按钮，再单击“确定”按钮创建分型线，如图 10-8 右图所示。

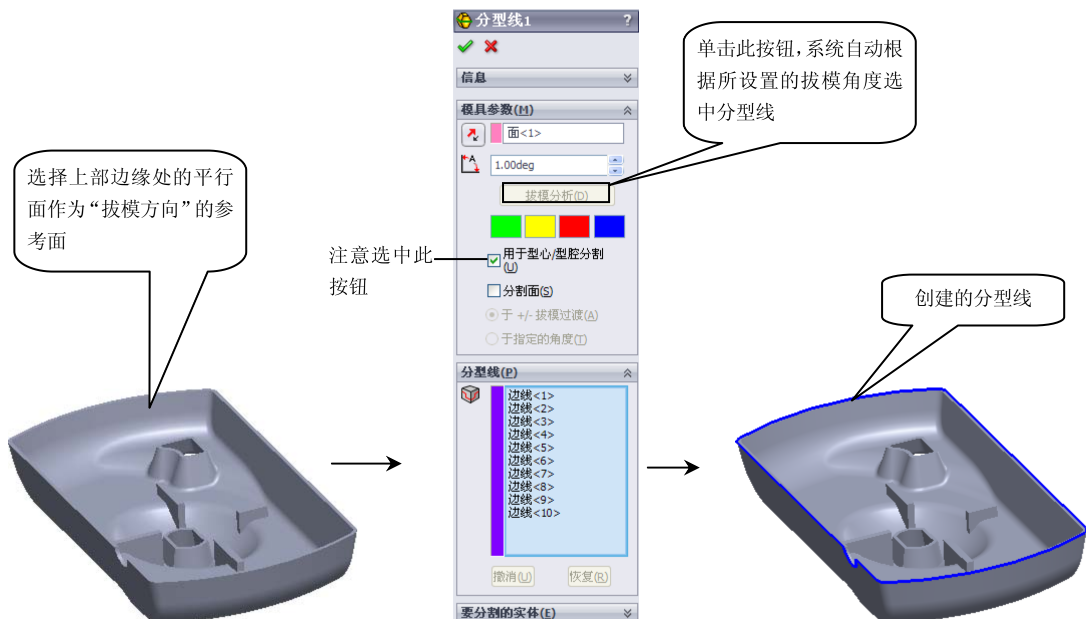


图 10-8 创建分型线操作

STEP 2 单击“模具工具”工具条的“关闭曲面”按钮，打开“关闭曲面”对话框，如图 10-9 左图所示，系统自动选中需要关闭曲面的边线，如图 10-9 中图所示，选中“缝合”复选框，并单击“确定”按钮，将模型中部的两个洞口使用创建的曲面缝合。

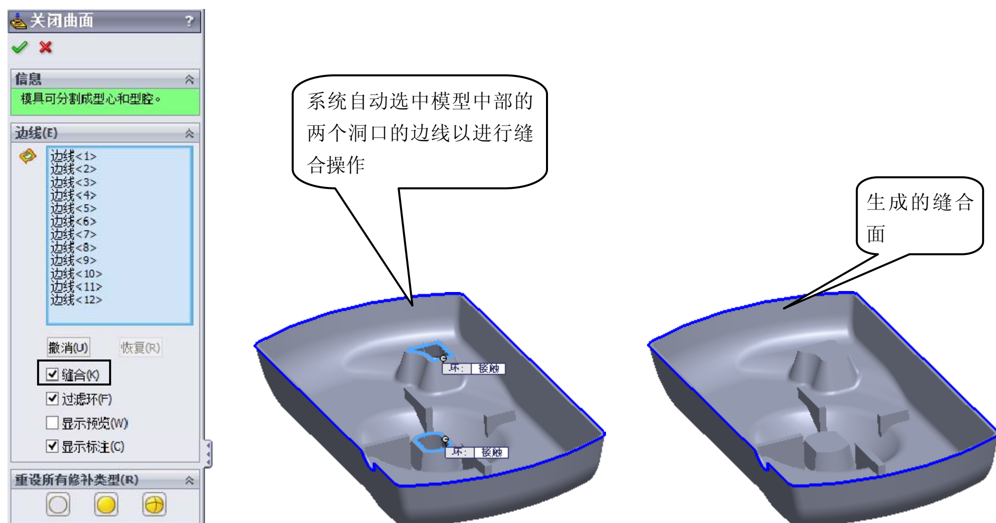


图 10-9　关闭曲面操作

STEP 3 单击“模具工具”工具条的“分型面”按钮，打开“分型面”属性管理器，如图 10-10 左图所示，选中“垂直于拔模”单选按钮，并设置“分型面”的延伸距离为 40，其他按钮保持系统默认设置，单击“确定”按钮创建分型面，如图 10-10 右图所示。

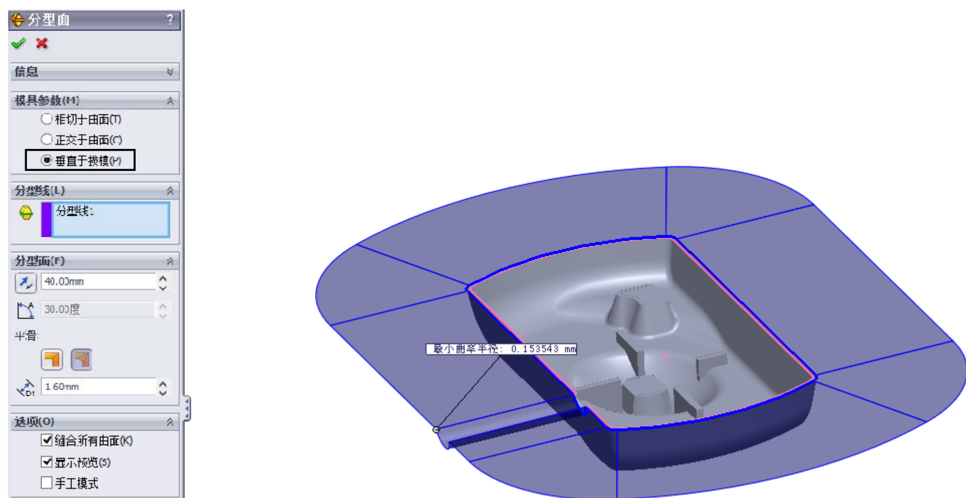


图 10-10　创建分型面操作

STEP 4 单击“模具工具”工具条的“切削分割”按钮，选择分型面平面部分作为“特征横断面”，并绘制一轮廓大于分型线的巨型，如图 10-11 左图所示，完成草图绘制后，系统打开“切削分割”属性管理器，并显示一涵盖模型的方块，如图 10-11 中图和右图所示，保持系统默认，单击“确定”按钮即可创建型芯和型腔。

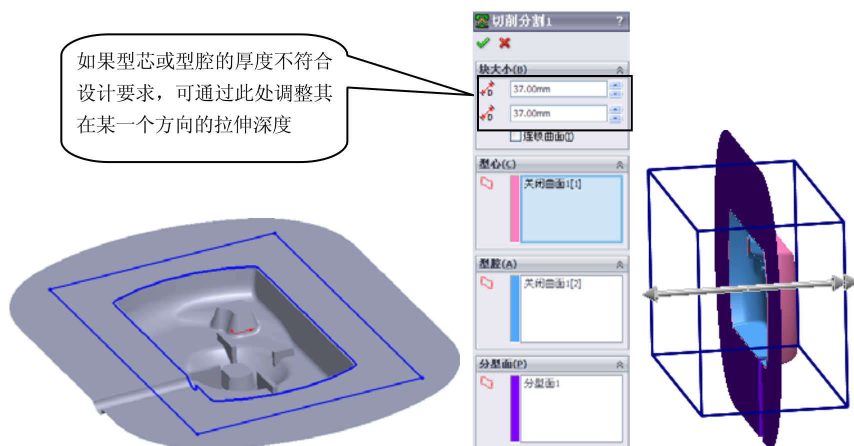


图 10-11　创建型芯和型腔操作

STEP 5 为了方便观看完成分模后的型芯和型腔，首先将分型面隐藏，然后下面通过操作将其与零件移离。选择系统主菜单“插入”>“特征”>“移动/复制”命令，弹出“移动/复制实体”属性管理器，如图 10-12 左图所示，选择型芯部分，并设置其在 Z 轴上的移动距离为“-100”，单击“确定”按钮即可，如图 10-12 右图所示。

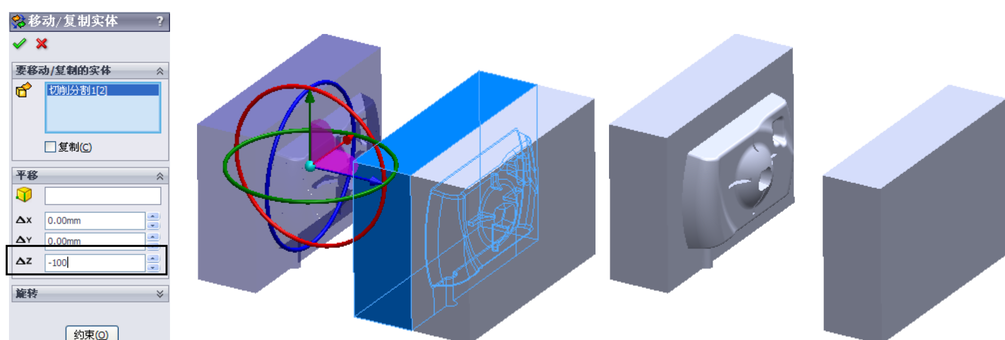


图 10-12　移动型芯操作

STEP 6 通过与步骤 5 相同操作将型腔部分向相反方向移动即可，如图 10-13 所示。

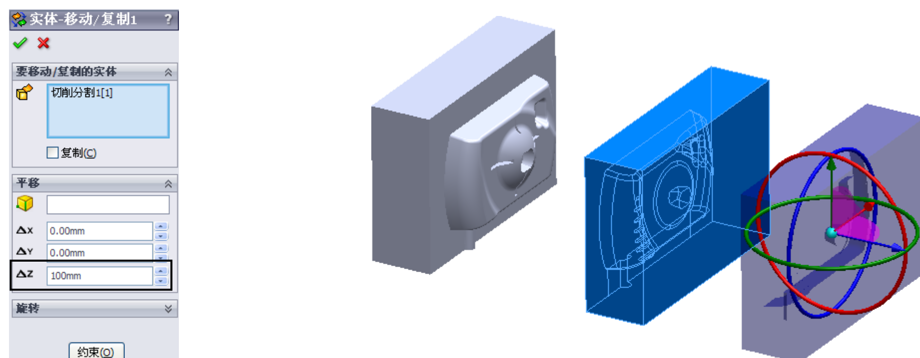


图 10-13　移动型腔操作

10.2　分模前的分析操作

在分模之前，通常需要对模型进行分析。上面实例中的模型较简单，所以我们在操作过程中省略了分析操作，而如果模型的构造特别复杂，那么通过分析工具对模型进行分析以找出模型的哪些面需要进行调整，则是非常方便的。下面我们就来看一下这些分析操作。

10.2.1 拔模分析

拔模分析就是通过分析以确定模型的哪些面需要进行拔模，为了让注塑件和铸件能够顺利从模具腔中脱离出来，我们需要在模型上设计出一些斜面，而这些斜面通常就是由拔模操作来实现的。

单击“模具工具”工具条的“拔模分析”按钮，打开“拔模分析”属性管理器，如图 10-14 左图所示，然后选择拔模参考面，并单击“确定”按钮，即可显示拔模分析结果，如图 10-14 中图所示。

在“拔模分析”属性管理器中，如图 10-14 左图所示，系统默认提供了三个分析区域，分别为“正拔模”“负拔模”和“需要拔模”区域，其中正负拔模区域是相对于“拔模参考面”已经正拔模或负拔模的区域，也可以理解为无需拔模的区域；而“需要拔模”区域是需要执行拔模操作的面，系统默认使用显著的黄色进行标识（单击右侧的“编辑颜色”按钮可以更改各区域的颜色，如图 10-14 右图为根据系统提示对模型进行拔模后的效果）。

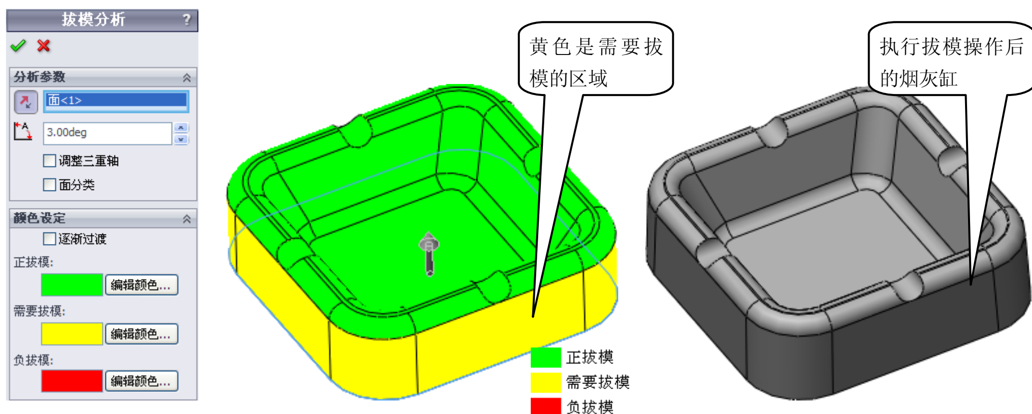


图 10-14　拔模分析操作和拔模效果



“拔模分析”属性管理器被关闭之后，分析结果仍在操作区域内可见，而且当用户更改零件几何体时，分析结果将实时更新（再次单击“拔模分析”按钮，才可以取消拔模分析结果）。

下面讲解一下“拔模分析”属性管理器中，其他选项的作用，具体如下：

- “逐渐过渡”复选框：选择此复选框，“需要拔模”项将展开，如图 10-15 左图所示，

用于以过渡色的形式显示正拔模到负拔模的变化，如图 10-15 右图所示。

➢ “拔模角度”文本框：此文本框中的角度值为此次分析中的最小拔模角度，也就是说模型中的面与拔模方向参照面间的角度值必须大于此拔模角度，否则即会被归类为“需要拔模”区域。

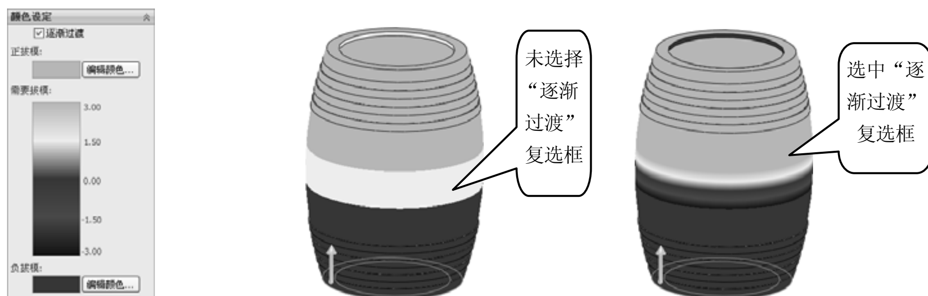


图 10-15 “逐渐过渡”复选框的作用效果

➢ “调整三重轴”复选框：选中此按钮后，将在操作区中显示三重轴，从而可以沿着三重轴调整拔模方向，如图 10-16 所示。

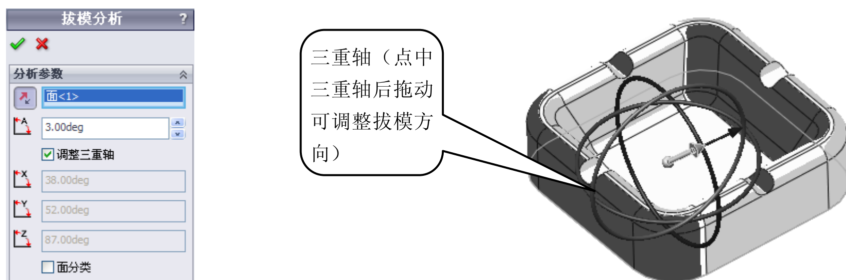


图 10-16 调整三重轴操作

➢ “面分类”复选框：选中此复选框后，可以按照面分类统计每个分类面下面的个数，并会显示“跨立面”面类型，“跨立面”是包含正拔模和负拔模的公共面（图 10-17），需要使用分割线命令将其分割以利于创建分型线。此外，选中“面分类”复选框后，系统还会显示“查找陡面”复选框，选中此复选框后，还将在操作区中显示陡面区域，如图 10-18 所示（陡面是包含部分拔模量不够的面）。

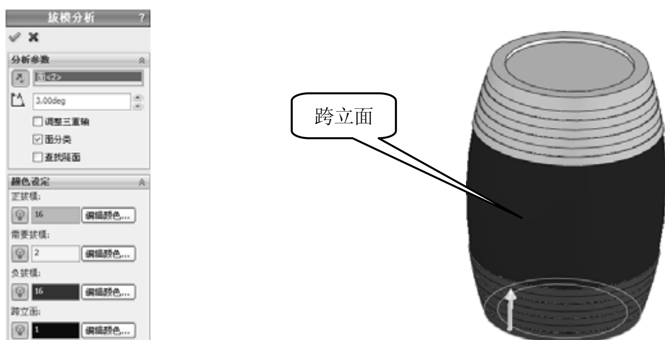


图 10-17 面分类复选框的作用和显示的跨立面效果



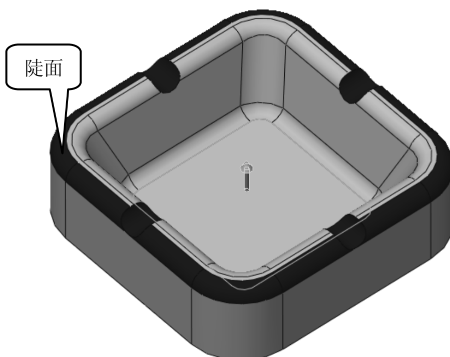
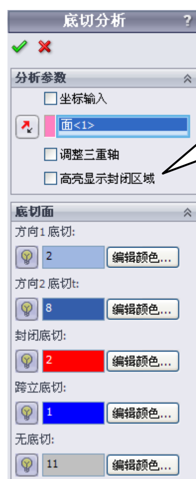


图 10-18 陡面效果

10.2.2 底切分析

底切分析用于识别并显示可能会阻止零件从模具弹出的围困区域。单击“模具工具”工具条的“底切分析”按钮，打开“底切分析”属性管理器，如图 10-19 左图所示，选择一平面作为拔模方向的参考面，即可以显示底切分析结果，如图 10-19 右图所示。



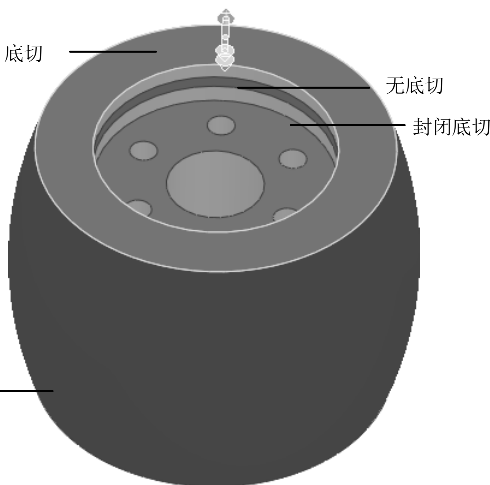


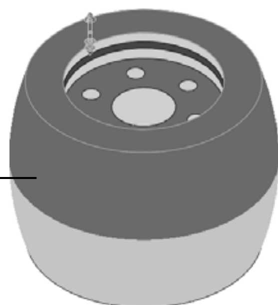
图 10-19 底切分析效果

下面解释一下，“底切分析”属性管理器中相关选项的作用，具体如下：

- “坐标输入”和“调整三重轴”复选框：选中后，可分别设置通过输入坐标值或通过在操作区调整三重轴来调整拔模的方向。
- 方向 1 底切：自方向 1 无法看到的面（通常为属于型腔或型芯的区域）。
- 方向 2 底切：自方向 2 无法看到的面（通常为属于型腔或型芯的区域）。
- 封闭底切：指在两个方向都无法看到的面，这种面通常需要添加滑块。
- 跨立底切：同跨立面，指在两个方向拔模的面。
- 无底切：通常为与拔模方向平行的面。
- “高亮显示封闭区域”复选框：选中此复选框后会将跨立底切分为“方向 1 底切”和

“方向 2 底切”分别显示，如图 10-20 所示。





跨立底切被分别显示

图 10-20 “高亮显示封闭区域”复选框的作用

10.2.3 分型线分析

分型线分析可用于找出在模型的何处适合创建分型线。单击“模具工具”工具条的“分型线分析”按钮，打开“分型线分析”属性管理器，如图 10-21 左图所示，选择一平面作为拔模方向的参考面，系统将高亮显示适合创建分型线的位置，如图 10-21 右图所示。

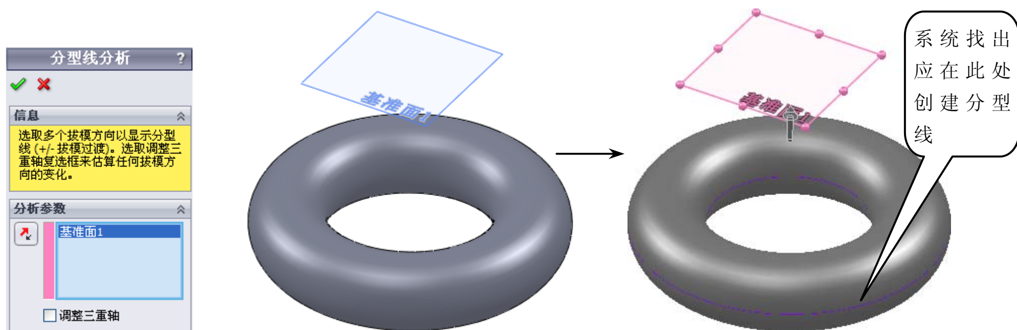


图 10-21 “高亮显示封闭区域”复选框的作用

在“分型线分析”属性管理器中选中“调整三重轴”复选框，可在操作区中沿着三重轴调整分型方向，如图 10-22 所示，并且系统会根据新的分型方向计算此时分型线的位置。

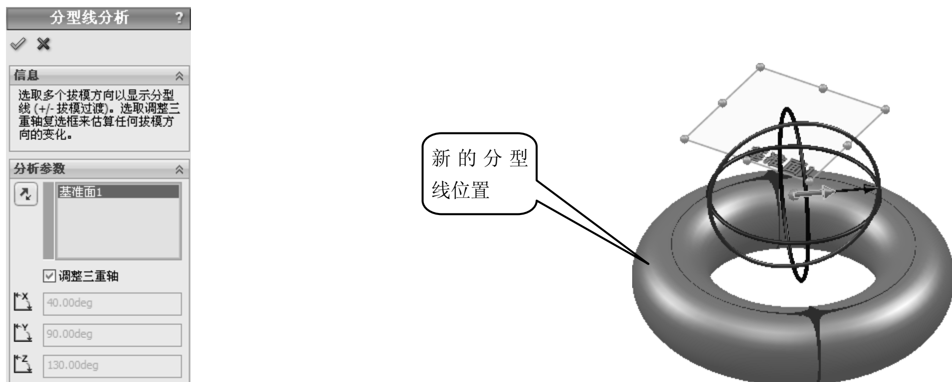


图 10-22 调整三重轴的位置及新的分型线分析结果

实例精讲——手柄模具分析

对模型进行适当的分析，可以帮助用户快速找到适合分型的方向，以及适合创建分型线的位置等。本实例操作在于帮助用户熟悉上面三个分析工具的使用方法。

【制作分析】

本实例所使用的零件模型和分析后的界面如图 10-23 所示，下面看一下操作。

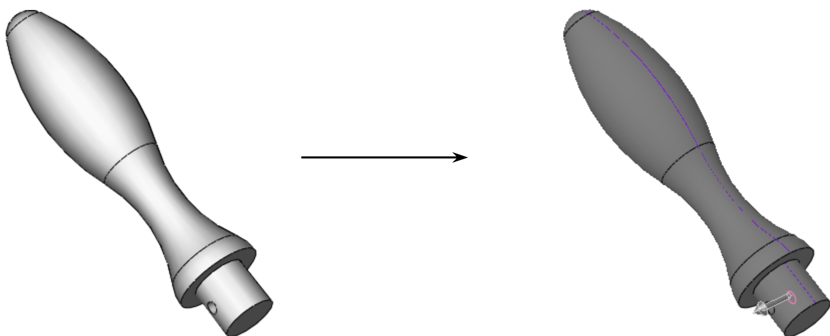
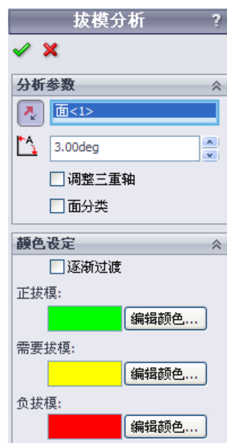


图 10-23　零件模型和分模后的型芯、型腔

【制作步骤】

STEP 1 打开本书提供的素材文件“手柄-SC.SLDPRT”，如图 10-23 左图所示，单击“模具工具”工具条的“拔模分析”按钮，选择模型的底部平面，对模型进行拔模分析，如图 10-24 所示（用户可以尝试从此图中找到此方向分模需要拔模的黄色区域）。



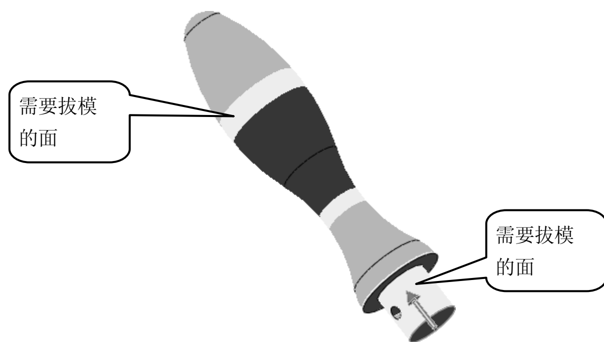


图 10-24　拔模分析操作 1

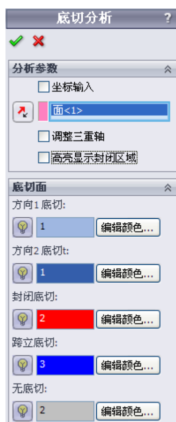
STEP 2 取消上面的拔模分析结果，选择“手柄圆孔底面”作为拔模参考面，再次对模型进行拔模分析，并尝试查找此方向分模需要拔模的面，如图 10-25 所示。





图 10-25　拔模分析操作 2

STEP 3 单击“模具工具”工具条的“底切分析”按钮，选择模型的底部平面，并取消“高亮显示封闭区域”复选框的选中状态，对模型进行底切分析，如图 10-26 所示。请查找在此方向上分模，封闭底切的区域，即妨碍模型脱模的区域，及跨立底切面。



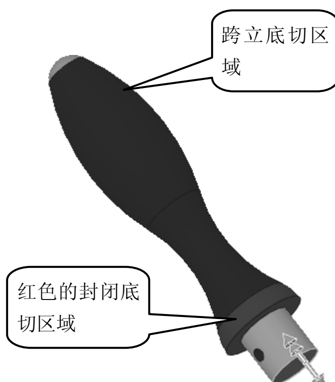


图 10-26　创建分型线操作

STEP 4 取消上面的底切分析结果，选择“手柄圆孔底面”作为拔模参考面，再次对模型进行底切分析，并选中“高亮显示封闭区域”复选框，如图 10-27 所示。请尝试查找此方向分模，封闭底切的区域。





图 10-27　创建分型线操作

STEP 5 单击“模具工具”工具条的“分型线分析”按钮，选择“手柄圆孔底面”进行分型线分析操作，以找到适合创建分型线的位置，如图 10-28 所示。



图 10-28　创建分型线操作

10.3　分模前的整理操作

我们所创建的零件模型并不都适合于直接进行分模，如有的模型在脱模的方向上没有斜度，所以需要执行拔模操作，或者一些面属于跨立面，需要创建分割线才能创建分型线等。所以为了利于后续的分模操作，在分模前，我们有必要进行整理操作。

10.3.1 分割线

分割线可以将所选的面分割为多个分离的面。在分模过程中，“分割线”主要用于分割“跨立面”以利于在需要分模的位置创建分型线，如图 10-29 所示。

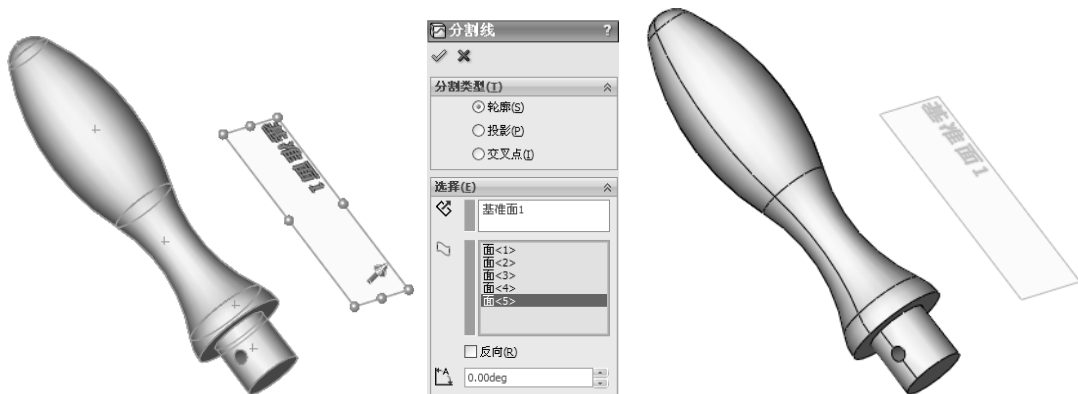


图 10-29　创建分割线操作


提示

注意，在上面的操作中，模型并没有完全被分割，两个与基准面垂直的面无法分割，此时需要使用“投影”线进行分割，或在创建分型线时手动连接。

10.3.2 拔模

在模具制作过程中，其主要作用就是生成拔模斜面，以利于脱模（试想如果没有拔模面，在脱模时，模型就像一个瓶盖一样扣在模具上，要想脱模会有不少阻力）。

此外，由于模型多种多样，且建模过程较为复杂，并不是所有的面都适合拔模（虽然可能此面确实需要拔模），此时不妨使用“分型线”拔模法进行反方向拔模，如图 10-30 所示（此模型如果选择底部平面进行中性面拔模，显然无法拔模）。

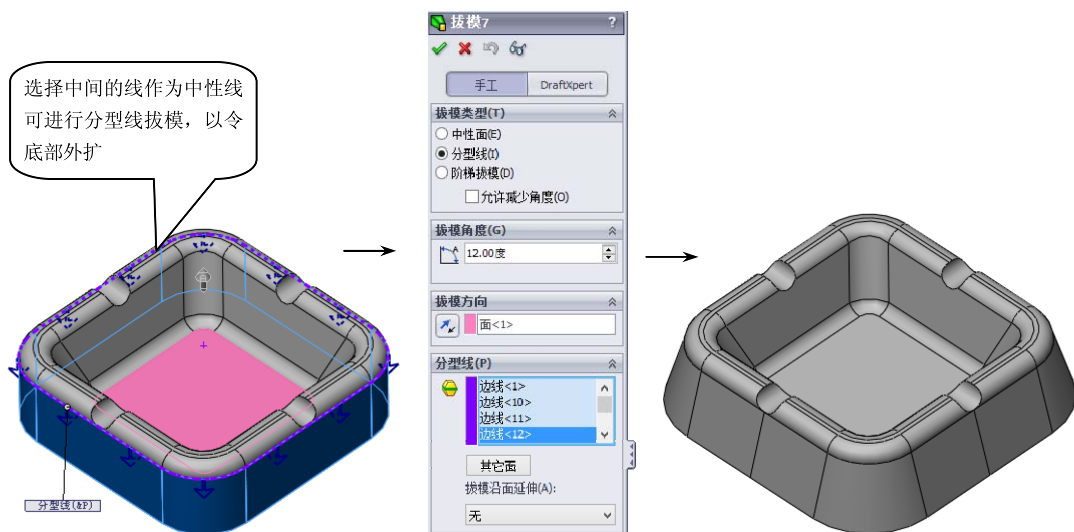


图 10-30 拔模操作

10.3.3 移动面

使用移动面功能可以移动模型上某些面的位置，但是所移动的面不能改变与其相连的面的形状，更不能在移动面后产生新的面，否则将无法移动面。

要执行“移动面”操作，可单击“模型工具”工具条中的“移动面”按钮，然后选择要移动的面，并设置移动面的方式（如“等距”方式）和移动面的距离，即可完成移动面操作，如图 10-31 所示。

共有三种移动面的方式，下面分别讲一下其意义：

➢ “等距”方式：要移动的面以等距的方式移动，相邻面进行相应延伸或裁剪，所谓“等距”是指要移动的面上的每一点与原面对应点的距离都相同，如图 10-32 左图所示。
➢ “平移”方式：要移动的面以平移的方式移动，相邻面进行相应延伸或裁剪，所谓“平移”是指在“参考方向”（此时需要选择参考方向）的方向上，要移动的面上的每一点与原面对应点的距离都相同，如图 10-32 中图所示。

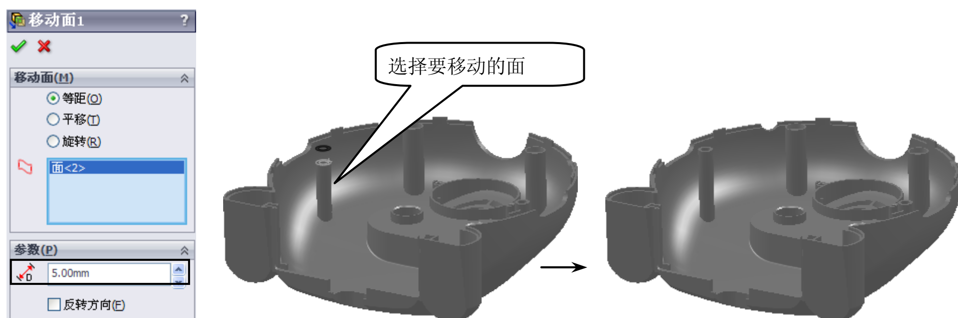


图 10-31　移动面操作

➢ “旋转”方式：以某个旋转轴为参照，以旋转方式移动面，如图 10-32 右图所示。

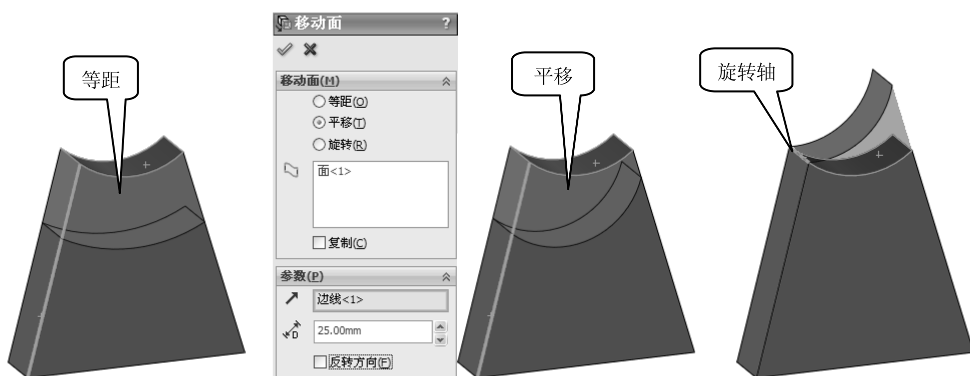


图 10-32　“移动面”的三种形式



“移动面”特征实际上主要用于模具电极的制作。在塑料模具的制造过程中，在加工型腔或型芯时，经常会遇到如窄槽、深腔或为了保持尖锐边等，这些表面可能通过常规机械无法加工，这时就需要使用电火花加工机床进行加工。

实际上，根据加工部件的形状特征制作匹配的电极，也是一种模具设计操作。电极的形状通常与模型相近，但是有时为了保证电极摇动的需要，或很多其他加工要求，我们都有必要使用“移动面”功能对所制作的电极进行调整。

电极通常由紫铜和石墨制成。关于其详细设计和加工制作的方法，请参考其他专业书籍。

10.3.4 比例缩放

塑料模具在冷却至室温后，其尺寸或体积将发生收缩变化，零件的这种收缩率是影响塑料制品精度的主要因素之一，为了避免由于零件收缩而产生不符合产品尺寸的情况，可以提前按照比例对模型进行缩放。

要按照比例缩放零件，可单击“模具工具”工具条中的“比例缩放”按钮，打开“缩放

比例”对话框，然后设置缩放比例，并单击“确定”按钮即可，如图 10-33 所示。

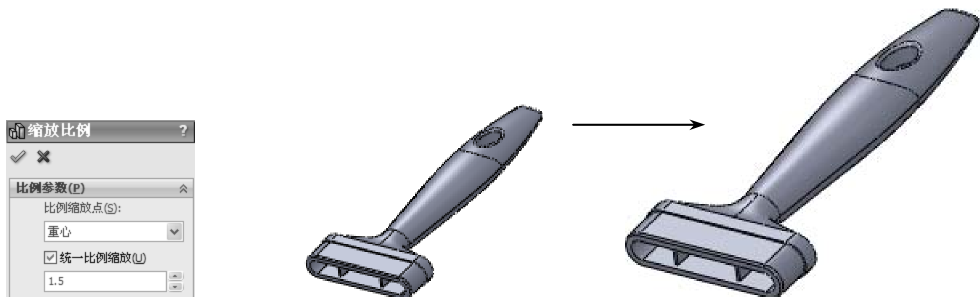


图 10-33 “比例”缩放零件



在“缩放比例”对话框的“比例缩放”下拉列表中，系统共提供了三种比例缩放的参照点（即比例缩放点），用户可根据需要进行选择。此外，取消“统一比例缩放”复选框的选中状态，可以在 X、Y、Z 轴的方向上单独设置所缩放的比例。

实例精讲——安全帽分模操作

下面看一个安全帽的分模操作，以对前述内容进行回顾，加深对相关内容的理解和掌握。

【制作分析】

本实例所使用的零件模型和分模后的型腔、型芯如图 10-34 所示，下面看一下具体的制作步骤。

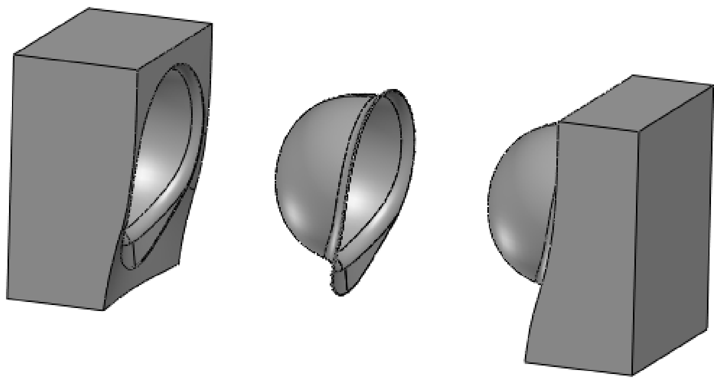


图 10-34 模型和分模后的型芯、型腔

【制作步骤】

STEP 1 打开本书提供的素材文件“安全帽-SC.SLDPRT”，如图 10-35 左图所示，单击

“模具工具”工具条的“分割线”按钮，以“轮廓”分割类型，选择“上视基准面”为参照面，选择安全帽边缘的四个面作为被分割的面，执行分割操作，如图 10-35 右图所示。

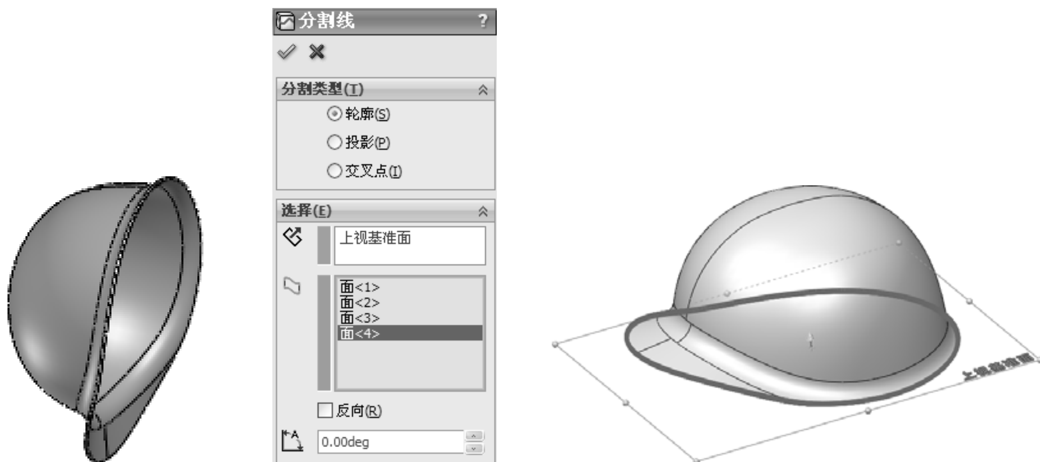


图 10-35　模型和创建分割线操作

STEP 2 单击“模具工具”工具条的“分型线”按钮，选择“上视基准面”作为拔模参照面，单击“拔模分析”按钮，系统自动找到“分型线”，如图 10-36 所示，单击“确定”按钮继续。

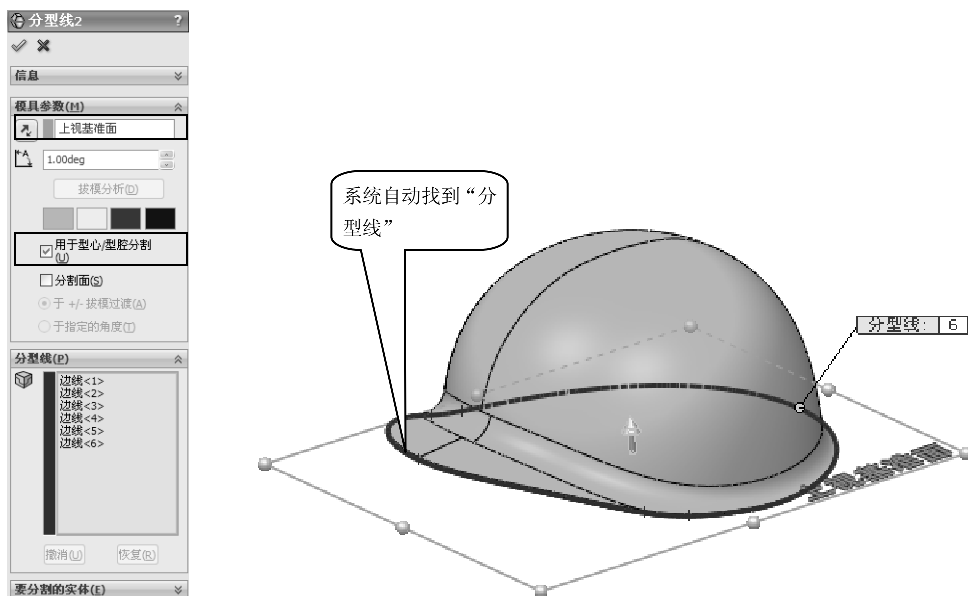


图 10-36　创建分型线操作

STEP 3 单击“模具工具”工具条的“分型面”按钮，打开“分型面”属性管理器，设置分型面“正交于曲面”，设置分型面的延伸长度为 33.5，如图 10-37 所示，单击“确定”按钮继续。

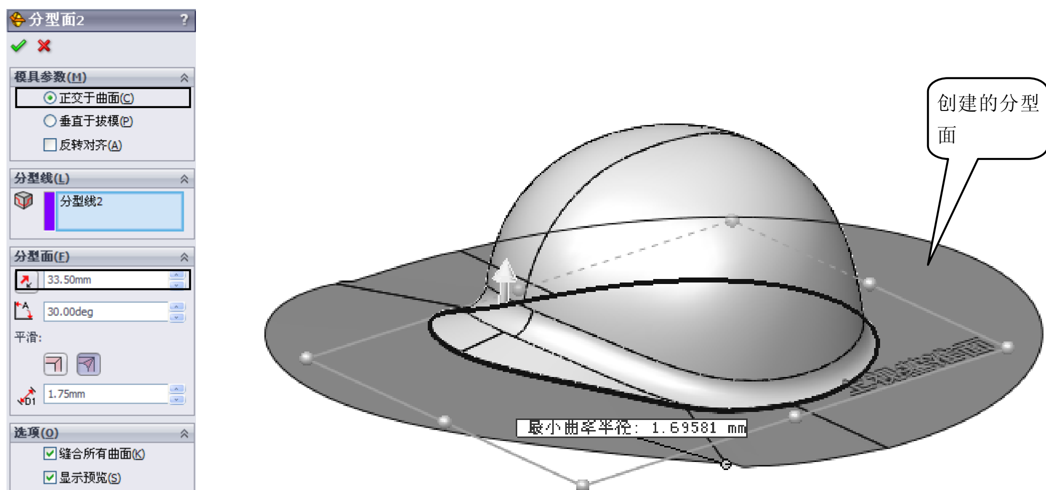


图 10-37　创建分型面操作

STEP 4 单击“模具工具”工具条的“切削分割”按钮，选择“上视基准面”绘制一如图 10-38 左图所示的矩形（矩形边缘应包含分型线，并小于分型面的边缘），完成后系统自动打开“切削分割”属性管理器，并显示模具的范围，如图 10-38 中图和右图所示，在“切削分割”属性管理器中，系统自动选好了型芯、型腔和分型面，按照图示设置好模具实体两侧延伸的长度，单击“确定”按钮继续。

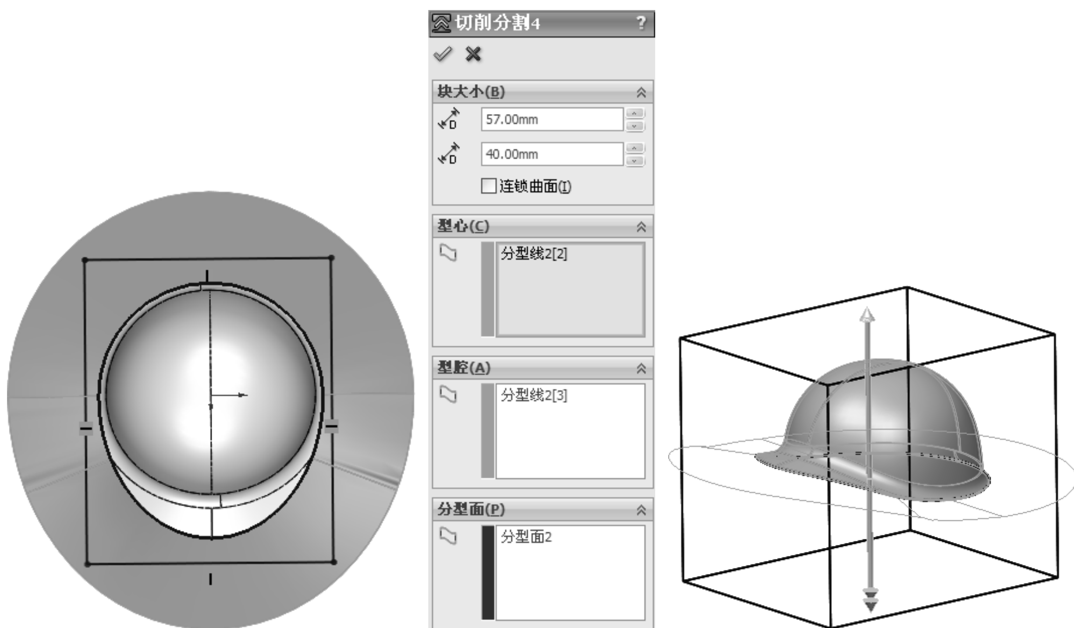


图 10-38　创建型腔、型芯操作

STEP 5 选择系统主菜单“插入”>“特征”>“移动/复制”菜单命令，执行两次“移动/复制”操作，将模型的型腔和型芯移动到模型的两侧，并将分型线和分型面隐藏，得到基本的分模效果，如图 10-34 所示。

10.4　分模操作

本节介绍使用 SolidWorks 提供的自动分模工具进行分模的操作。在 SolidWorks 中，自动分模操作有固定的步骤，通常创建的先后顺序为：“分型线”>“关闭曲面”>“分型面”>“切削分割”，顺序执行这些操作即可完成分模，分割出型腔和型芯。下面分别看一下各个工具的使用方法。

10.4.1 分型线

分型线的主要作用实际上就是用来创建分型面，它是产品模型的最大轮廓线（必须是闭合的），然后沿着这个轮廓线向外延伸就可以创建分型面，再使用分型面则可以分割出型腔和型芯，这样就完成了整个分模操作。

单击“模型工具”工具条中的“分型线”按钮，然后选择拔模方向的参照面，设置好“拔模角度”，再单击“拔模分析”按钮，系统将根据拔模角度自动查找分型线，并将找到的分型线显示在“分型线”下拉列表中（如果没有找到分型线，或者分型线不正确，则需要手动选择分型线），单击“确定”按钮完成分型线创建操作，如图 10-39 所示。

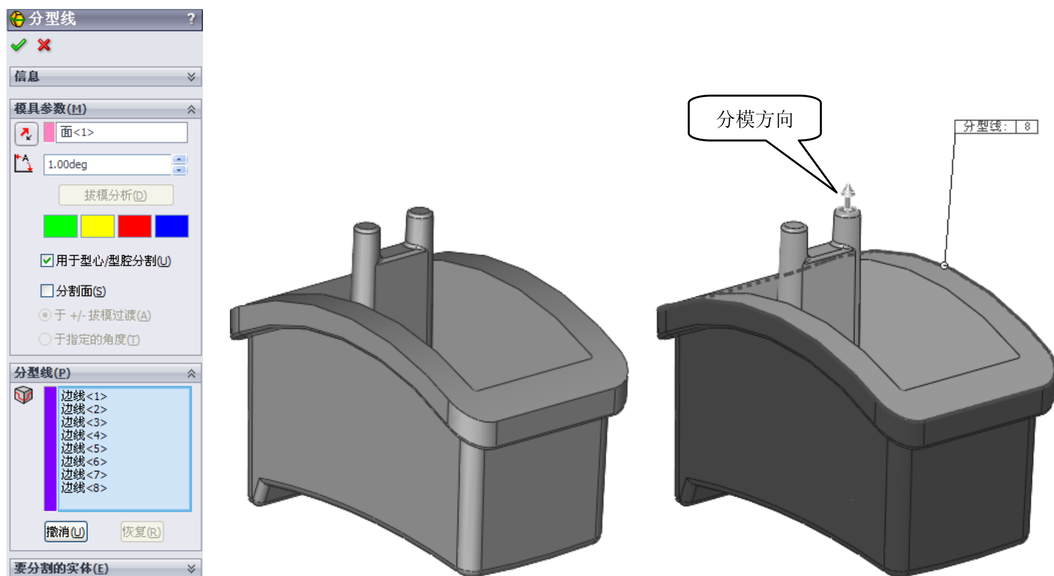


图 10-39　创建分型线操作

需要注意的是，创建“分型线”并不仅仅只是创建了一条线，当在分型线的内侧，模型两侧已经没有相通的孔（即无需执行关闭曲面操作），此时除了创建了分型线外还会创建两个包裹原模型的面，如图 10-40 左图所示为移开所创建面的效果。而模具的型腔和型芯实际上也就是以分型面和此处创建的包裹面为界限进行分割的，如图 10-40 右图所示。

这实际上也是“用于型芯/型腔分割”复选框的主要作用，如果不选择此复选框，则不会创建这个面，同样在后续操作中也无法分模。

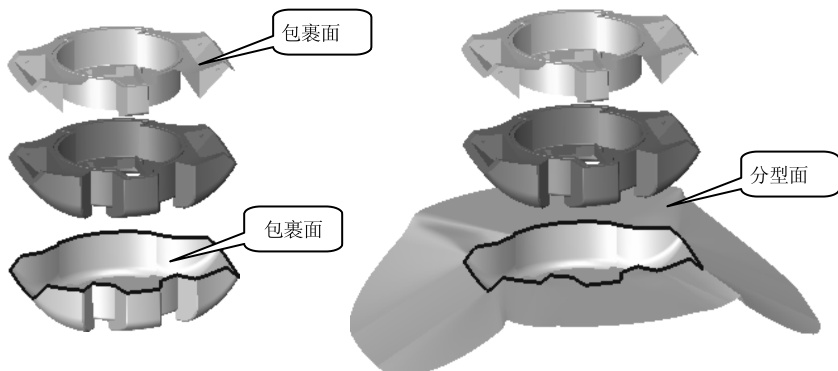


图 10-40 创建分型线时间顺带创建的包裹面



如果分型线内侧，模型仍然有未封闭的“孔”，那么此处将不会创建包裹面，而将在执行后面的“关闭曲面”操作时创建包裹面。当然也可通过手动创建包裹面，此时使用“等距曲面”命令令模型一侧的面进行零距离延伸即可，然后可以使用创建的包裹面分割型腔和型芯。

选中“分型线”属性管理器中的“分割面”按钮，可在执行“拔模分析”时，自动将跨立面在适当的位置分割，如图 10-41 所示。其中，选中“于+/-拔模过渡”单选按钮，可以在模型的“正负拔模分界”的位置自动分割面；选中“于指定的角度”单选按钮，则将在指定的拔模角度处自动分割面。

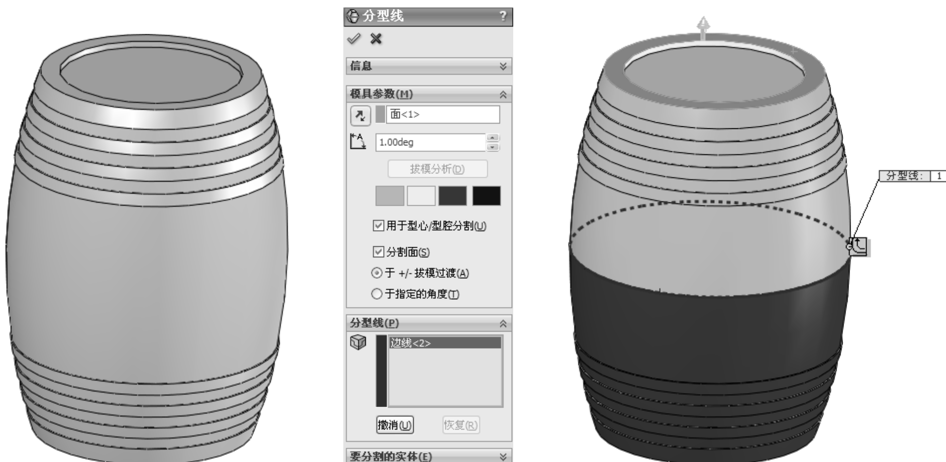


图 10-41 “分割面”复选框的作用

在“分型线”属性管理器对话框中的“要分割的实体”卷展栏中，可以选择模型表面上的草绘图形或选择两个点从而生成线段来分割模型面，从而与“分型线”卷展栏中的曲线一起创建分型线，如图 10-42 所示。



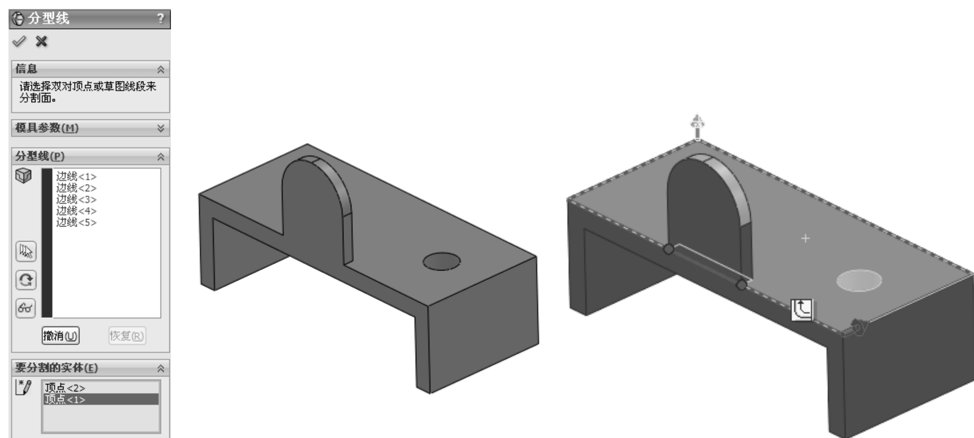


图 10-42　要分割的实体卷展栏的作用

10.4.2 关闭曲面

“关闭曲面”就是用填充面修补产品模型中的孔，如果不填充面，型腔与型芯将相互连接，软件不知道该从孔的哪个位置开始拆模。

在创建好分型线后，单击“模型工具”工具条中的“关闭曲面”按钮，系统将自动选择用于“关闭曲面”的边界线，如图 10-43 左图和中图所示，按照系统默认设置，单击“确定”按钮，即可创建“关闭曲面”，如图 10-43 右图所示。

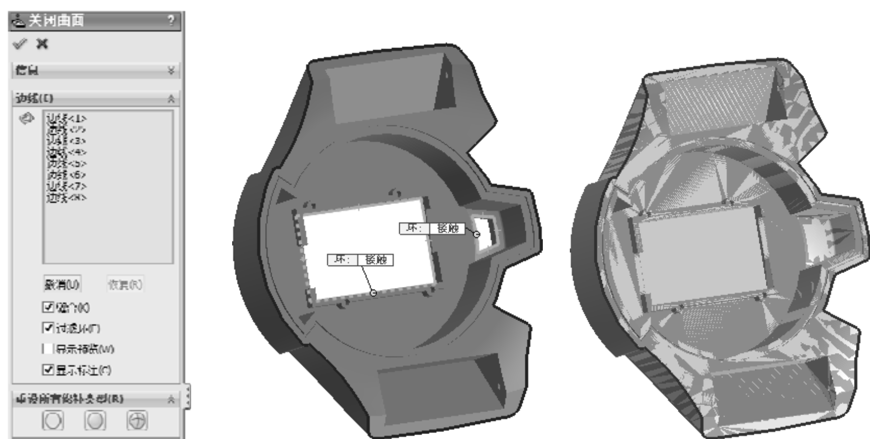


图 10-43　关闭曲面操作

下面解释一下“关闭曲面”属性管理器中，各选项的作用：

- “缝合”复选框：选中此复选框后，创建的“关闭曲面”将与系统自动创建用于分型的轮廓面缝合。如系统中有很多低质量面，则可以取消此项的勾选，以在缝合曲面后进行手工修复。
- “过滤环”复选框：当模型中孔的环线较多时，显示此选项，以过滤掉模型上似乎不是有效孔的环。如果模型中的有效孔被过滤，消除此选项，系统将会选择更多的环。
- “显示预览”复选框：显示“关闭曲面”的预览效果。

- “显示标注”复选框：在关闭曲面的过程中显示标注（双击标注可更改“关闭曲面”的修补类型）。
- “重设所有修补类型”卷展栏：用于批量修改填充曲面的修补类型。共有三种修补类型，分别为：“全部不填充”，即不生成填充面；“全部接触”，即与环线接触方式生成面；“相切面”，即以与边线的接触面相切的方式生成面。

10.4.3 分型面

分型面用于确定型腔和型芯的位置，即通过分型面来分离型腔和型芯，它是以分型线向四周按一定的方式进行扫描、延伸或扩展而形成的一组连续的封闭曲面。

在创建好分型线后，单击“模型工具”工具条中的“分型面”按钮，系统将自动选择用于创建“分型面”的分型线，如图 10-44 所示，在“分型面”属性管理器中选择好分型面的延伸方向，如选择“垂直于曲面”，再设置好分型面的延伸“距离”，其他选项保持系统默认，单击“确定”按钮，即可创建“分型面”。



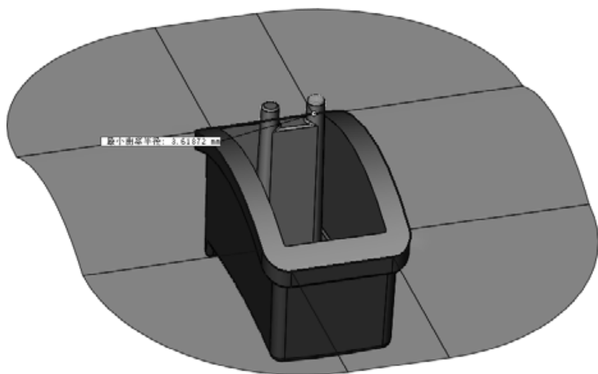


图 10-44　创建分型面操作

下面解释一下“关闭曲面”属性管理器中，各选项的作用：

- “模具参数”卷展栏：提供三种曲面延伸方式，分别为：“相切于曲面”“正交于曲面”“垂直于拔模”，分型面与曲面相切，如图 10-45 左图所示；“正交于曲面”，分型面与分型线的曲面垂直，如图 10-45 中图所示；“垂直于拔模”，分型面与拔模方向垂直，如图 10-45 右图所示。

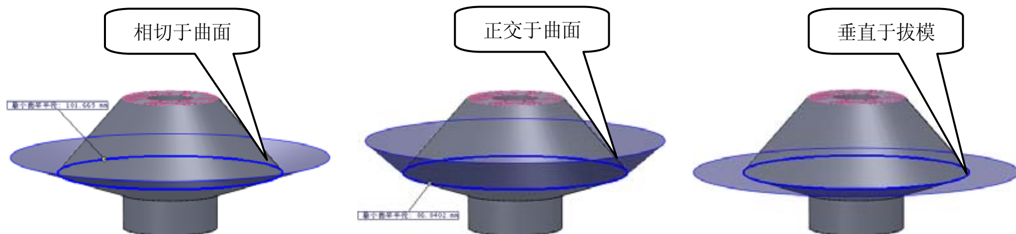


图 10-45　分型面的三种延伸类型



提示

在创建“相切于曲面”和“正交于曲面”时，曲面的延伸方向还受到下面“分型面”卷展栏中“角度”文本框参数的制约。

- “分型线”卷展栏：用于手动选择分型线。
- “分型面”卷展栏：用于设置分型面的详细参数。其中“距离”文本框用于设置分型面的延伸长度；“角度”文本框用于设置分型面与拔模方向垂直的角度；“尖锐”按钮用于设置相邻边线间延伸的曲面“尖锐”相连；“平滑”按钮用于设置相邻边线间延伸的曲面“平滑”相连，如图 10-46 所示。

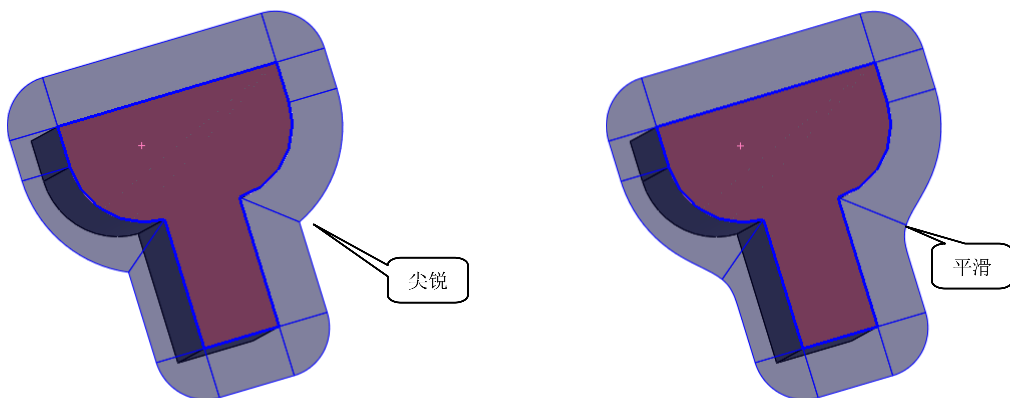


图 10-46　分型面的“尖锐”和“平滑”延伸方式



提示

“角度”文本框在“相切于曲面”和“正交于曲面”延伸方式时可用，是一个 1°～90°的值，需要注意的是，在此两种方式下，此角度值实际上只在 0° 与“正交”（或“相切”）的角度值之间起作用。

- “选项”卷展栏：用于对分型面进行扩展设置。其中“缝合所有曲面”选项用于将分型面与上面创建“分型线”过程中生成的零件轮廓面缝合（如此处不缝合，则需要进行手工缝合，否则无法分模）。

10.4.4 切削分割

在完成上面的操作后，便可以执行生成型腔和型芯的“切削分割”操作了。“切削分割”操作中，将首先通过创建一拉伸的实体，然后使用上面创建的分型面对实体进行分割，从而创建出型腔和型芯。

在创建好分型面后，单击“模型工具”工具条中的“切削分割”按钮，选择一与拔模方向垂直的面，并创建一涵盖零件但并不超出分型面区域的草绘图形，如图 10-47 左图所示，完成草图后系统自动选择所需面，如图 10-47 中图所示，设置型腔块和型芯块两侧延伸的距

离，单击“确定”按钮即可完成“切削分割”操作，效果如图 10-47 右图所示。

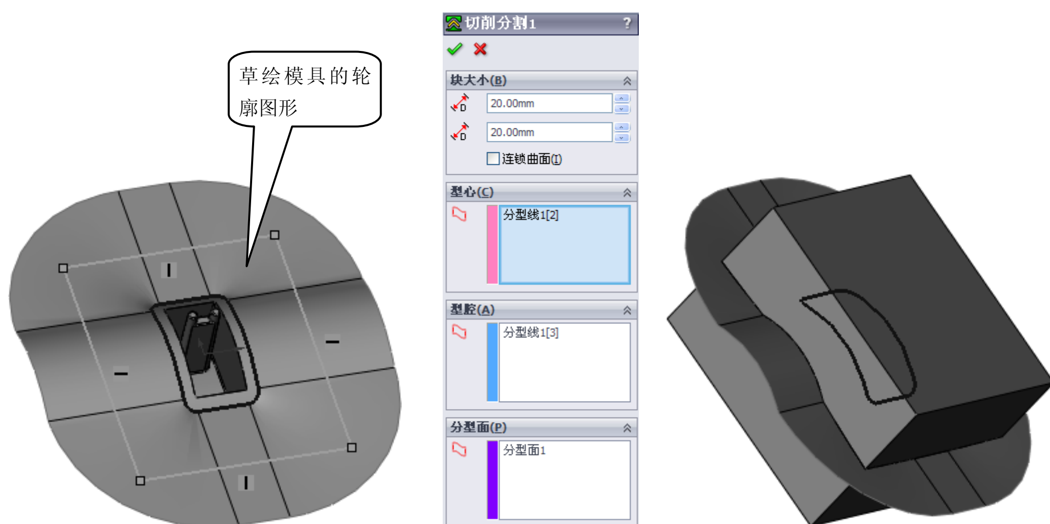


图 10-47 “切削分割”操作

在完成“切削分割”操作后，通过选择系统主菜单“插入”>“特征”>“移动/复制”菜单命令，执行“移动/复制”操作，可将型芯、型腔及模型分离，从而可从不同角度观察整个型芯和型腔的分割效果，如图 10-48 所示。



如图 10-47 中图所示，“切削分割”属性管理器的“型芯”“型腔”和“分型面”卷展栏，分别用于选择“型芯”“型腔”侧的零件轮廓面，及上面创建的“分型面”，如零件的轮廓面或分型面为手工创建，那么此处则将需要手工选择这些面。

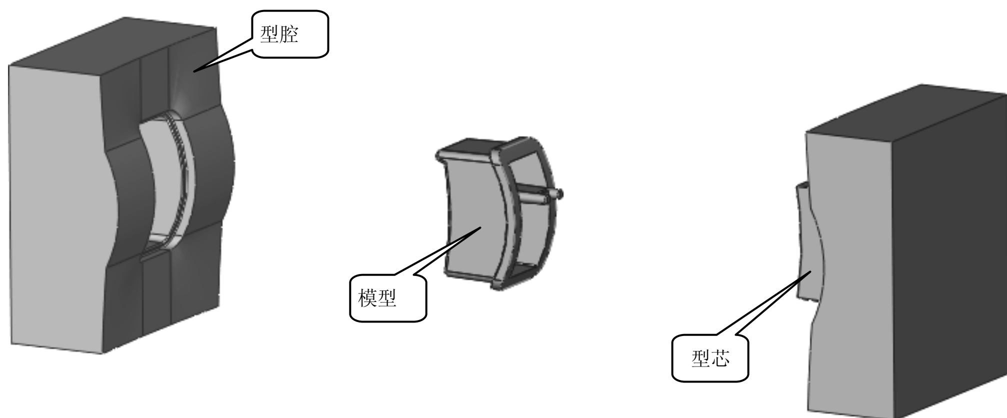


图 10-48 分离的型芯和型腔效果

此外，在“切削分割”属性管理器中，还有一个“连锁曲面”复选框，选中此复选框后，可以在“切削分割”时自动创建“连锁曲面”。需要注意，此时“切削分割”的草绘面应位于模型的一侧，且草绘轮廓应大于分模面，而连锁曲面是沿着分型面以一定拔模角度延伸的面，如图 10-49 所示。创建连锁曲面的目的是在合模过程中防止型芯和型腔块错位。

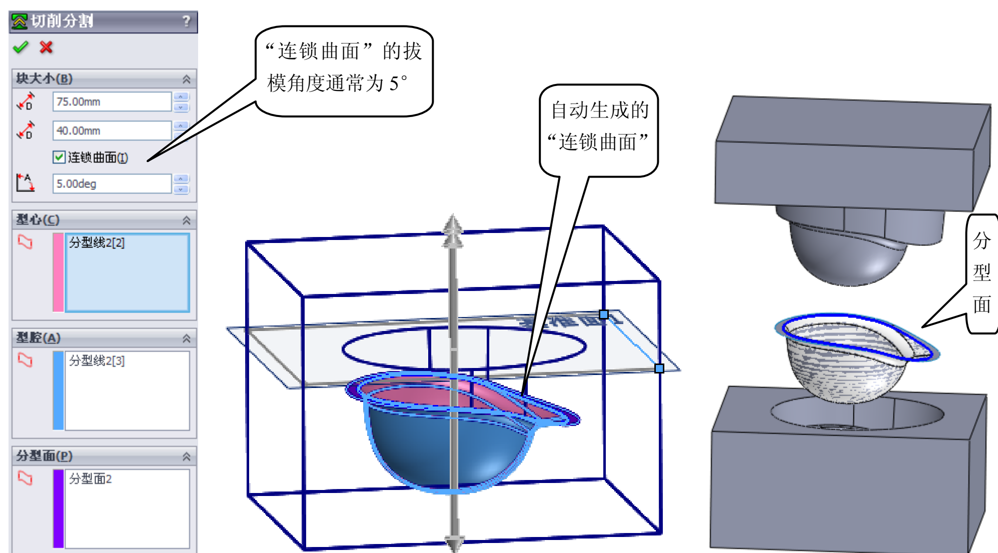


图 10-49　创建“连锁曲面”操作

10.4.5 型芯

“型芯”特征主要用于创建模具的侧型芯。由于模型中会存在一些阻碍模型脱模的侧孔或卡扣，如图 10-50 所示，此时即需要创建侧型芯。

“型芯”特征在创建侧型芯时，将拆分上面分模操作分离出来的型腔块或型芯块，将其某一部分拆分为独立的型芯进行加工（其操作类似于“拉伸切除”）。需要注意的是一次“型芯”操作不可以产生两个实体。



图 10-50　模具中有孔无法脱模

下面看一下“型芯”的创建过程。在完成“切削分割”操作后，单击“模型工具”工具条中的“型芯”按钮，选好要创建侧型芯的型腔块或型芯块，其侧面创建草绘图形，如图 10-51 左图所示，弹出“型芯”属性管理器，设置型芯延伸的方向和距离，单击“确定”按钮

即可创建侧型芯，如图 10-51 中图和右图所示。

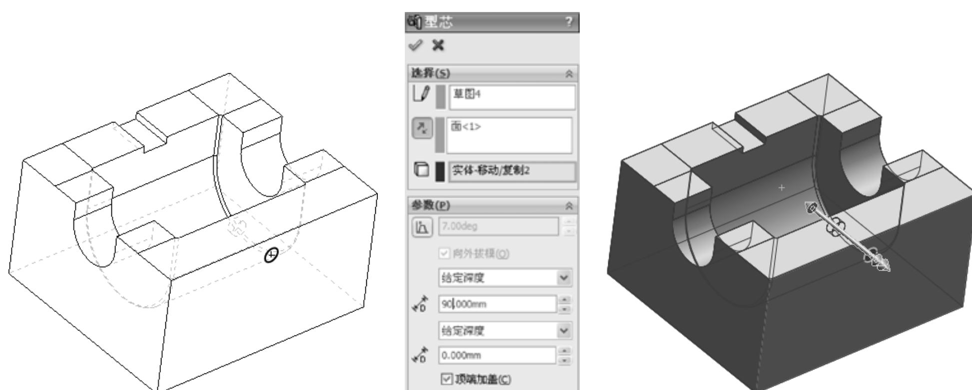


图 10-51　创建型芯操作

型芯创建完成后，可使用系统主菜单“插入”>“特征”>“移动/复制”菜单命令，将型芯分离，以观察其效果，如图 10-52 所示。

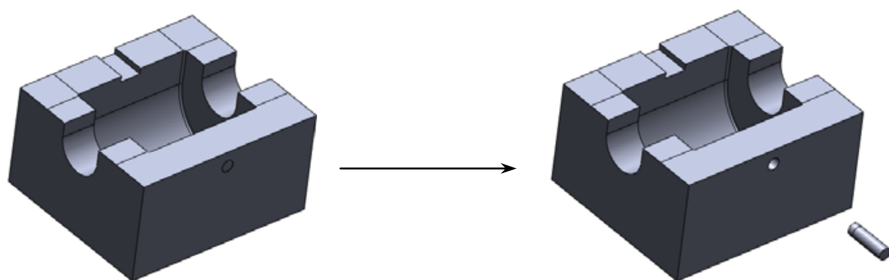


图 10-52　分离的型芯效果



“型芯”属性管理器中各个选型的意义与“拉伸切除”特征中对应的选项基本相同，所以此处不再做过多解释。

需要注意的是，此处多了一个“顶端加盖”复选框，选中此复选框后，如果型芯在模具实体中终止，则可以在终止位置定义型芯的终止面，如图 10-53 所示。

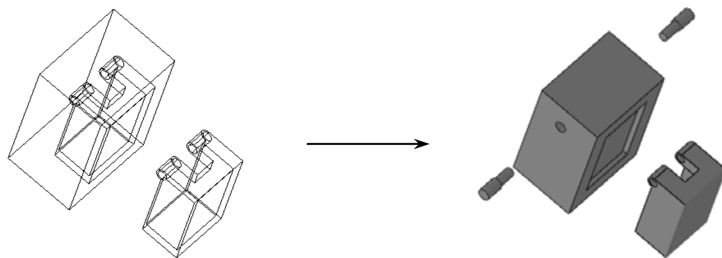


图 10-53　“顶端加盖”复选框的作用

此外，实际上在“模具工具”工具条中，系统还隐藏了一个“型腔”按钮，此按钮主要用于在装配模式下创建型芯和型腔，其创建思路与前述步骤完全不同，而且更加灵活，此处由于篇幅限制不再做过多讲解，有兴趣的用户可参看本系列图书的后续版本。

实例精讲——创建手机壳注塑模具

下面看一个手机壳注塑模具的创建操作，以复习本章所有内容。

【制作分析】

本实例的完整注塑模具如图 10-54 左图所示，由于篇幅限制，此处仅讲述型腔、型芯和顶杆、侧型芯的创建，如图 10-54 右图所示。

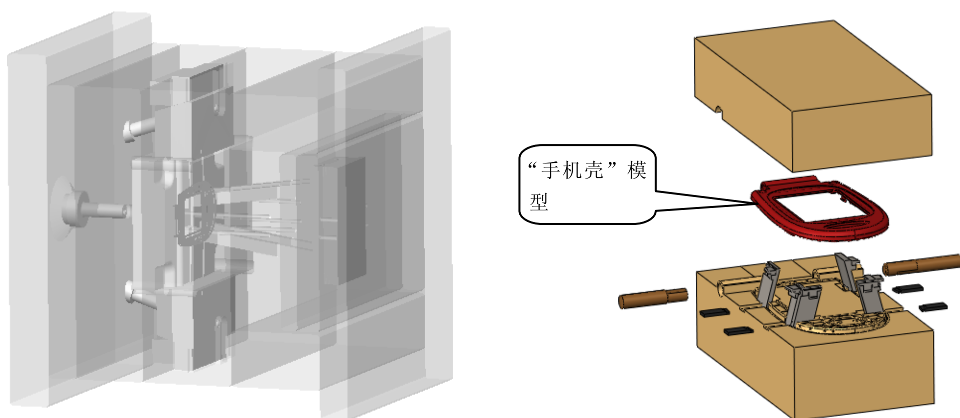


图 10-54　完整注塑模具和本实例要创建的部分

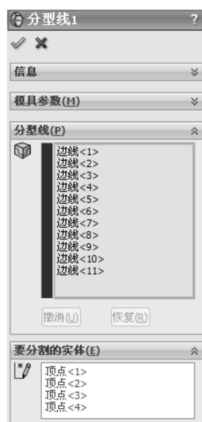
【制作步骤】

STEP 1 打开本书提供的素材文件“手机壳-SC.SLDPRT”，如图 10-55 左图所示，单击“模具工具”工具条的“分割线”按钮，以“轮廓”分割类型，选择“前视基准面”作为参照面，选择手机壳前部曲面作为被分割的面，执行分割操作，如图 10-55 右图所示。



图 10-55　分割面操作

STEP 2 单击“模具工具”工具条的“分型线”按钮，选择“前视基准面”作为参照面，顺次选择手机壳最外侧的边线，并在两端前部转轴竖面处，使用“要分割的实体”选择顶点创建分型线，如图 10-56 所示。



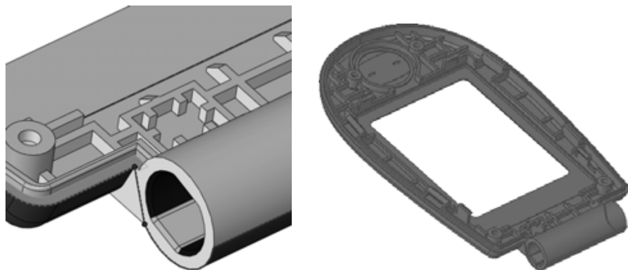


图 10-56　创建分型线操作

STEP 3 单击“模具工具”工具条的“关闭曲面”按钮，系统自动选中要关闭的面，单击转轴处自动选择的中间面，取消其选择状态（此处无需创建关闭曲面），单击“确定”按钮创建“关闭曲面”，如图 10-57 所示。



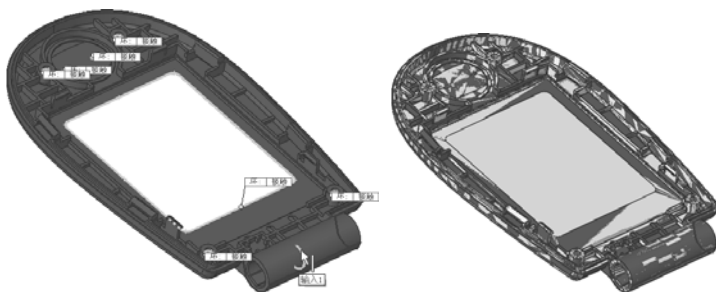


图 10-57　关闭曲面操作

STEP 4 单击“模具工具”工具条的“延展曲面”按钮，打开“曲面-延展”属性管理器，如图 10-58 左图所示，以“前视基准面”为参照面，选中手机壳的后部分型线段，设置延展距离为 30，创建“延展曲面”，如图 10-58 右图所示。



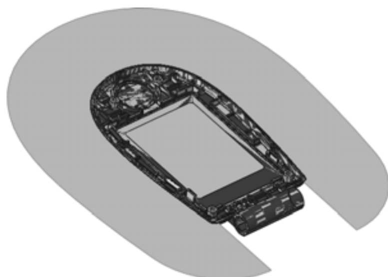


图 10-58　延展曲面操作

STEP 5 通过与步骤 4 相同的操作，以“前视基准面”为参照面，在手机壳的两侧创建“延展曲面”，如图 10-59 所示。

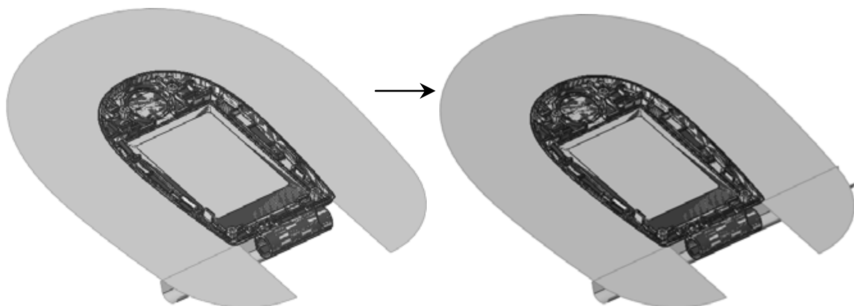


图 10-59　延展曲面操作

STEP 6 选择系统主菜单“插入”>“曲面”>“剪裁延展”菜单命令，使用“标准”剪裁方式，对模型左右两侧的曲面分别执行剪裁操作，如图 10-60 所示。

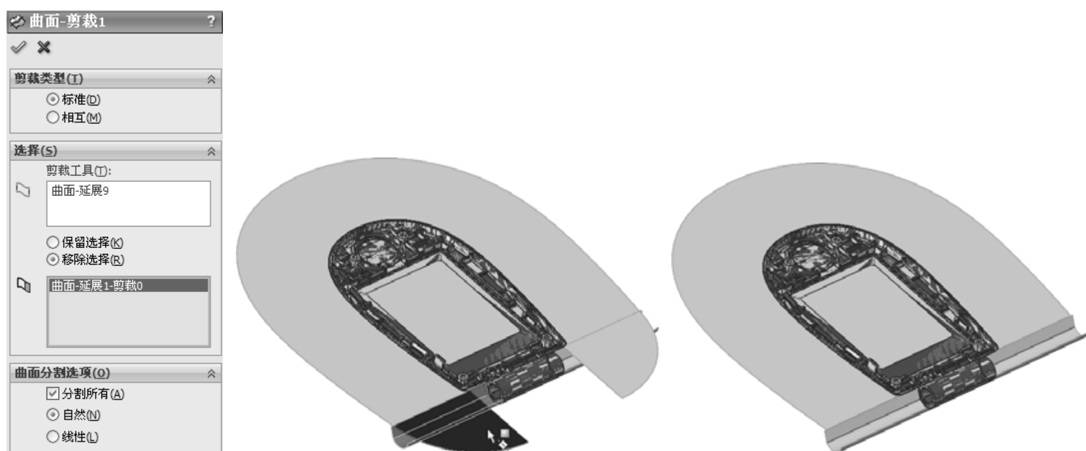


图 10-60　剪裁曲面操作

STEP 7 单击“模具工具”工具条的“延展曲面”按钮，选择如图 10-61 所示模型边线执行多次曲面延展操作，延展距离为 40。

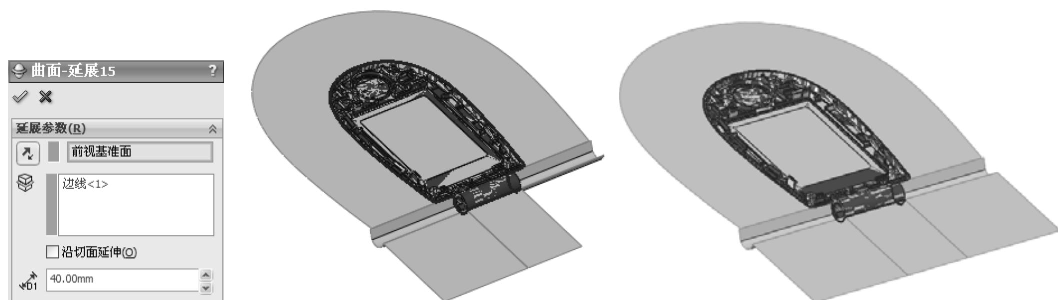


图 10-61　延展面操作

STEP 8 单击“模具工具”工具条的“缝合曲面”按钮，选中上面创建的所有延展面，使用系统默认间隙对曲面执行缝合操作，如图 10-62 所示。



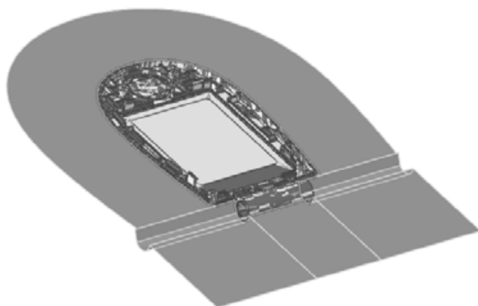
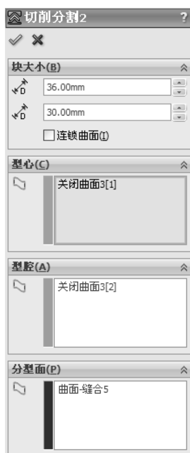


图 10-62　缝合面操作

STEP 9 单击“模具工具”工具条的“切削分割”按钮，选中“前视基准面”绘制一长方形草图，执行分割操作，如图 10-63 所示。



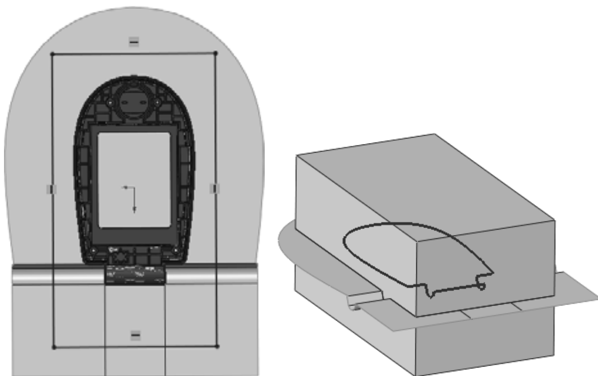


图 10-63　切削分割操作

STEP 10 选择系统主菜单“插入”>“特征”>“移动/复制”菜单命令，执行两次“移动/复制”操作，将型芯和型腔分离，如图 10-64 左图所示，然后翻转模型，并将除了型芯以外的模型全部隐藏（因为下面操作将主要在型芯上创建顶杆和侧型芯）。

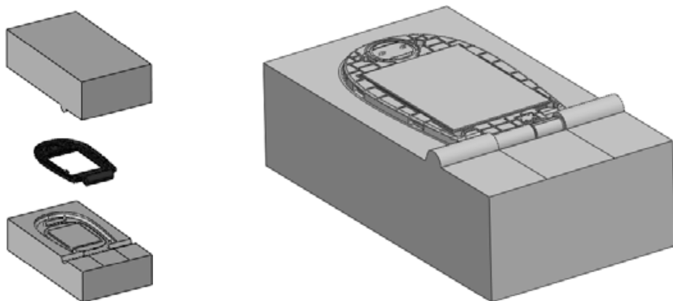


图 10-64　移动型腔和型芯实体操作

STEP 11 在型芯的一个侧面创建圆，并执行“型芯”命令，在型芯的一侧创建侧型芯，如图 10-65 左图和中图所示，然后再次执行相同操作，在模型的另一侧创建侧型芯，如图 10-65 右图所示。

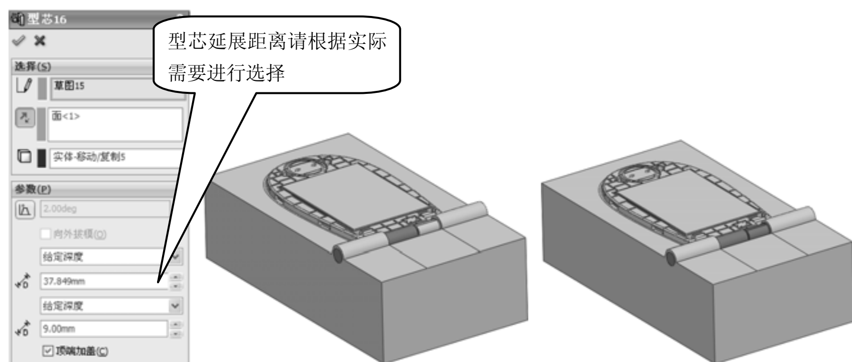


图 10-65　创建型芯操作

STEP 12 选择系统主菜单“插入”>“特征”>“移动/复制”菜单命令，执行“移动/复制”操作，选中“复制”复选框，并选中模型型芯，以在 X 轴上“-200”的距离复制出一个型芯，如图 10-66 所示。

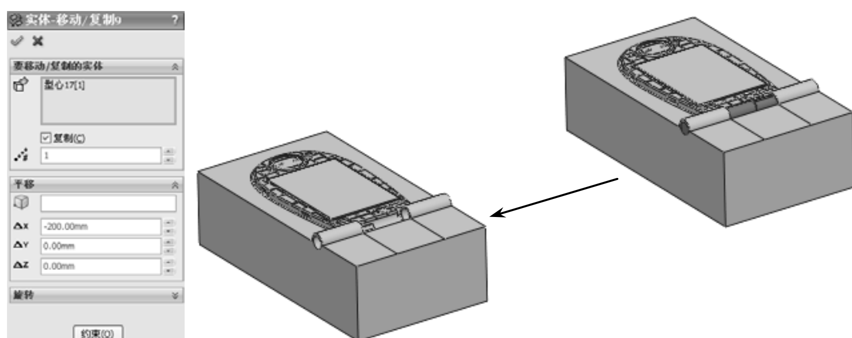


图 10-66　复制实体操作

STEP 13 在复制出的型芯的前部平面上绘制如图 10-67 左图所示的草绘图形，然后创建一与此草绘图形中的直线垂直的平面，如图 10-67 右图所示。

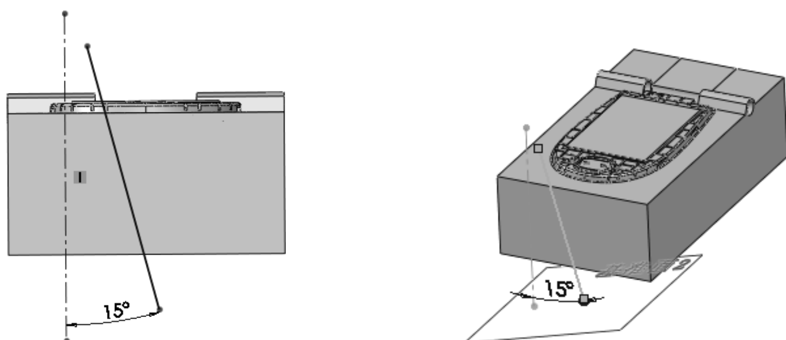


图 10-67　创建草图和面操作

STEP 14 在步骤 13 所创建的平面上绘制如图 10-68 左图所示的草绘图形（草图的轮廓大小和相对位置，是由于脱模需要所决定的，详细参数用户可自行研究），并单击“型芯”按钮创建如图 10-68 右图所示的型芯。

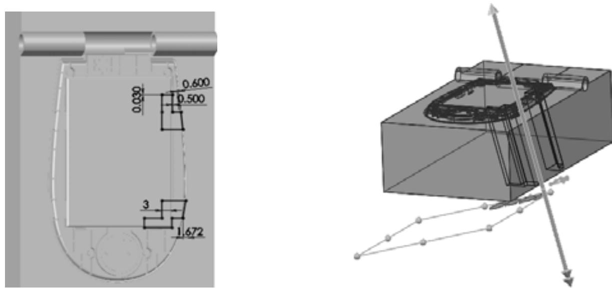


图 10-68 创建型芯操作

STEP 15 选择系统主菜单“插入”>“特征”>“删除实体”菜单命令，将除新创建的“型芯”外的实体删除，如图 10-69 所示。

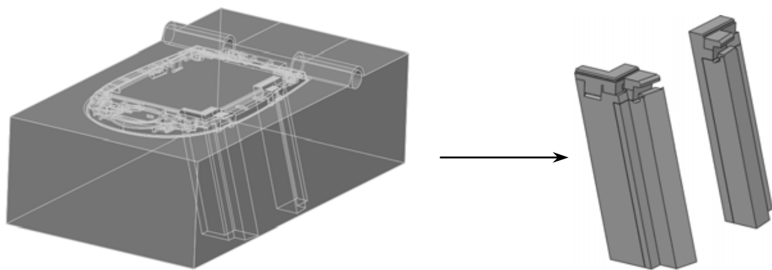


图 10-69 删除实体操作

STEP 16 在剩余的实体侧面创建如图 10-70 左图所示的草绘图形，并选择系统主菜单“插入”>“特征”>“分割”菜单命令，对创建的“型芯”实体执行切割操作，然后再执行“插入”>“特征”>“删除实体”菜单命令，将切割的实体删除，如图 10-70 中图和右图所示。

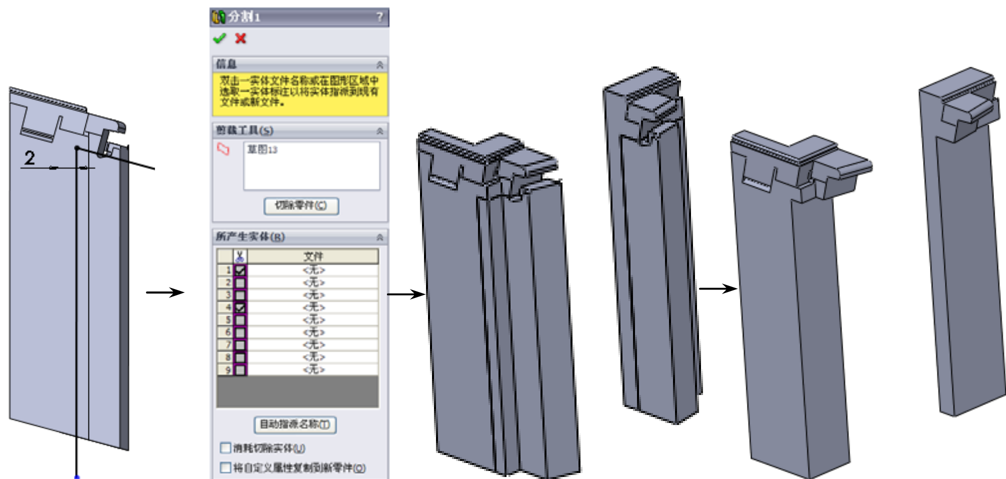


图 10-70 对型芯进行处理的操作 1

STEP 17 在型芯的后面实体面上，创建草绘图形，并执行“拉伸删除”操作，将其阻碍模型脱模的部分删除，如图 10−71 所示。

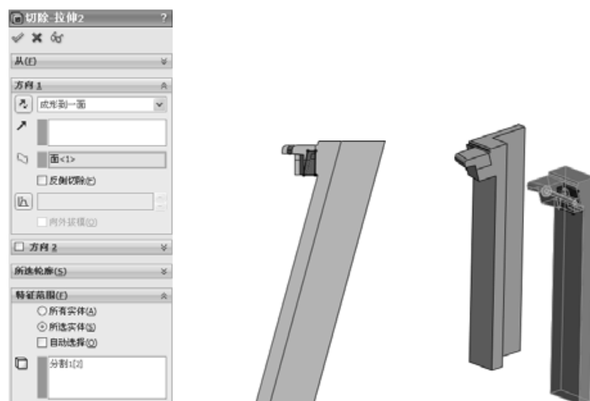


图 10−71　对型芯进行处理的操作 2

STEP 18 再次选择系统主菜单“插入”>“特征”>“移动/复制”菜单命令，选中“复制”复选框，并选中处理后的型芯，以在 X 轴上“200”的距离复制出一个型芯，如图 10−72 所示。

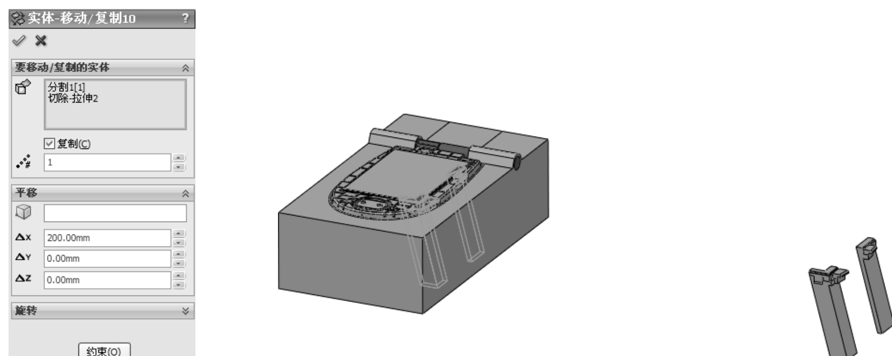


图 10−72　“移动/复制”实体操作

STEP 19 选择系统主菜单“插入”>“特征”>“组合”菜单命令，在打开的“组合”属性管理器中选中“删减”单选按钮，并选中“型芯”为主要实体，选择复制过来的“型芯”（即顶杆）为“要组合的实体”，执行“组合”实体操作，如图 10−73 所示。

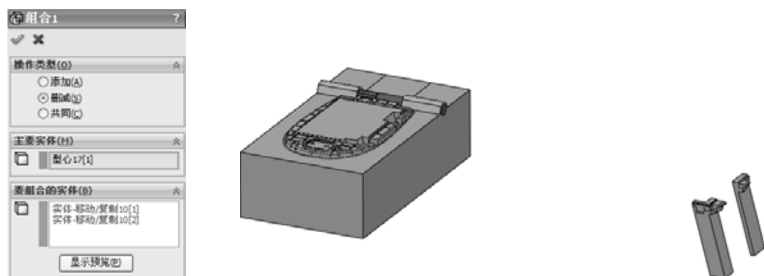


图 10−73　“组合”实体操作

STEP 20 通过同步骤 12～步骤 19 相同的操作，在模型的另外一侧创建相同的型芯，即顶杆，如图 10-74 所示。

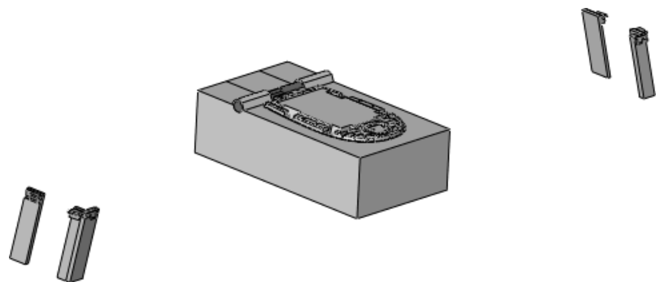


图 10-74　创建另外一侧的顶杆

STEP 21 在型芯的一个侧面创建如图 10-75 左图所示的草绘图形（注意其底部的两个顶点与前部延伸面的底部顶点重合，上部执行应超出型芯上表面），再依此草绘图形创建一侧型芯，并将其移离型芯。如图 10-75 右图所示。

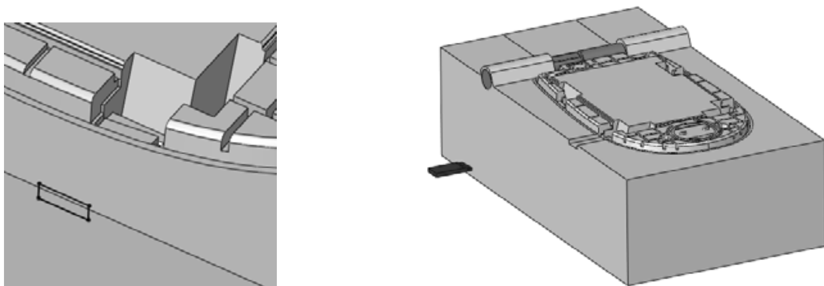


图 10-75　创建侧型芯

STEP 22 通过与步骤 21 相同的操作，创建其他四个侧型芯，如图 10-76 所示（为什么要在此处创建侧型芯，读者可自行研究）。

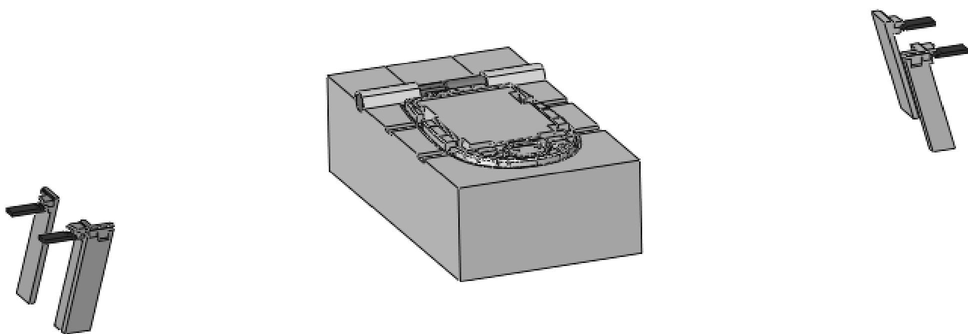


图 10-76　创建其他侧型芯

STEP 23 最后执行数次“移动/复制”操作，将顶杆和型芯移动到合适的位置，如图 10-77 所示，完成此阶段的模具创建操作，最终效果如图 10-54 右图所示。

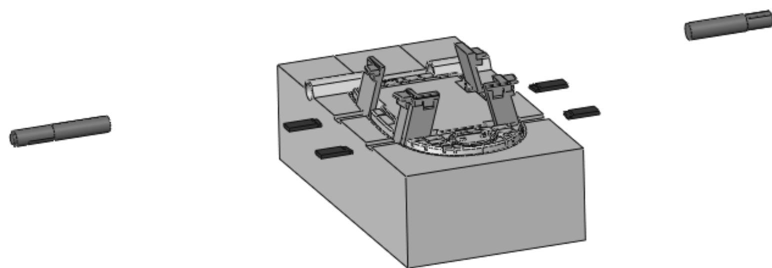


图 10-77　移动实体操作

10.5　本章小结

本章主要介绍了在 SolidWorks 的零件模块中进行分模（即创建型腔和型芯）的操作，也穿插讲述了顶杆、侧型芯等的创建。本章的重点是理解模具的基本构成，以及在分模操作中创建分型线、关闭曲面和分型面等的意义，这样可以举一反三，为以后更加灵活的执行分模操作（包括手动执行分模操作）打下坚实的基础。

10.6　思考与练习

一、填空题

（1）模具有很多类型，如按所成型材料的不同，可分为金属模具和非金属模具。金属模具分为________和________；非金属模具则分为________和无机非金属模具。

（2）塑料件的生产多使用__________，__________通常由注射装置、合模装置、液压传动和电气控制系统等组成。其中合模装置的设计和开发实际上也就是广义上所谓的__________。

（3）合模装置又由成型零件、导向、脱模、抽芯、调温和排气等系统组成，狭意上的模具设计仅指设计合模装置中用于成型零件的_______和_______的操作。

（4）构成产品空间的零件称为成型零件（即模具整体），成型产品外表面的（模具）零件称为_______。

（5）在进行注塑成型的过程中，模具的型芯和型腔通常总有一个固定不动，而另一个则进行周期性的反复运动，以不断地加注原料、成型冷却并脱模出零件，其中固定不动的一侧通常也被称为________，而动的一侧则被称为________。

（6）________分析用于识别并显示可能会阻止零件从模具弹出的围困区域。

（7）在分模过程中，“分割线”主要用于分割____________以利于在需要分模的位置创建分型线。

（8）_________的主要作用实际上就是用来创建分型面，它是产品模型的最大轮廓线。

（9）_________用于确定型腔和型芯的位置，即通过_________来分离型腔和型芯，它是以分型线向四周按一定的方式进行扫描、延伸或扩展而形成的一组连续的封闭曲面。

（10）“型芯”特征主要用于创建模具的_________。

二、问答题

（1）所谓的模具设计与制造，是否仅指注塑模具的设计？如果不是，试列举其他几种模具；如果是，则请阐述其理由。

（2）可否不创建分型线而直接手工创建分型面？此时应注意哪些问题？

（3）什么是“连锁曲面”？试简述其定义。

三、操作题

（1）打开本书提供的素材文件“10-6-练习-SC1.sldprt”，如图 10-78 左图所示，使用本章所学的知识为其创建型腔和型芯，效果如图 10-78 右图所示。

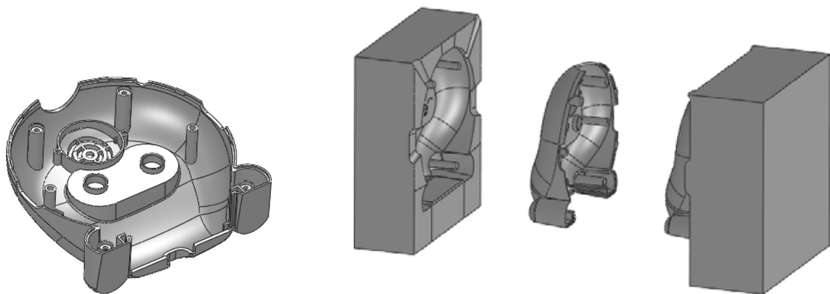


图 10-78　素材文件和为其创建的型腔与型芯



本实例操作，关键应注意分型面的创建。此实例分型面最好通过手工创建，而且在手工创建分型面时，应注意在创建“分型线”或“关闭曲面”后，模型轮廓面的位置，否则无法分模。

（2）打开本书提供的素材文件“10-6-练习-SC2.sldprt”，如图 10-79 左图所示，使用本章所学的知识，以“连锁曲面”方式进行分模型操作，效果如图 10-79 右图所示。

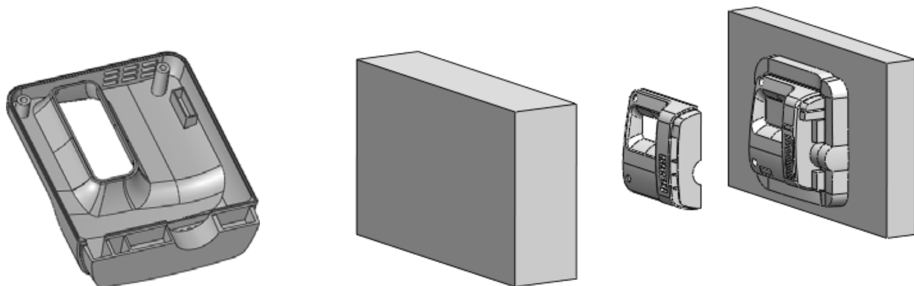


图 10-79　素材文件和其分模效果



如无法生成连锁曲面，应注意对分型面延展长度或延展方式的调整，当然也可手工创建更多的分型面，以令连锁曲面的生成更加顺畅。

（3）打开本书提供的素材文件“10-6-练习-SC3.sldprt”，如图 10-80 左图所示，使用本章所学的知识进行分模型操作，并创建其侧型芯，效果如图 10-80 右图所示。

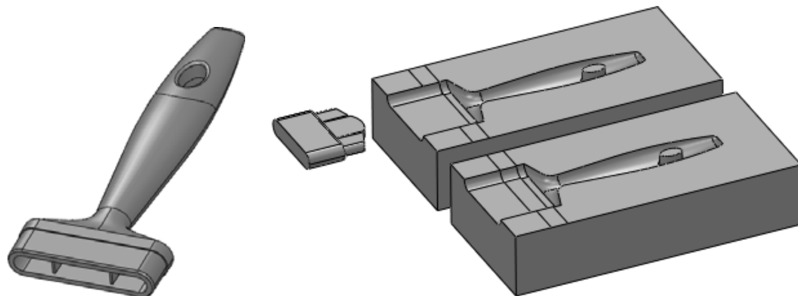


图 10-80 素材文件和其分模效果


提示

本练习使用“型芯”特征无法创建正确的侧型芯，具体创建方法用户可参考本文 10.4.5 节中的实例进行操作。

第 11 章 动 画 制 作

本章要点

- 运动算例操作界面
- 动画向导
- “手动”制作动画
- 复杂动画制作

学习目标

运动算例（即 MotionManager）是 SolidWorks 用于制作动画的主要工具，可用于制作商品展示动画、机械装配动画，以及模拟装配体中机械零件的机械运动等。其动画原理与 Flash 等常用动画制作软件的原理基本相同，都是通过定义单帧的动画效果，然后由系统自动补间零件的运动或变形，从而生成动画。

本章讲述基本动画的制作操作。

11.1 运动算例操作界面

右击 SolidWorks 操作界面顶部空白区域，在弹出的快捷菜单中选择“MotionManager”菜单项，然后在底部标签栏中单击“运动算例 x”标签可调出运动算例操作面板，如图 11-1 所示，此操作面板是在 SolidWorks 中创建动画的主要操作界面。



图 11-1 运动算例的操控面板

运动算例操作界面主要由算例类型、工具栏、键码区和设计树几个主要部分组成，下面看一下各组成部分的作用。

➢ “算例类型”下拉列表：从此下拉列表中可以选择使用“动画”“基本运动”和“Motion

分析”三种算例类型。动画算例侧重于动画制作；基本运动算例类型制作动画时考虑了质量等部分因素，可制作近似实际的动画；在使用“Motion 分析”，动画类型时，考虑了所有物理特性，并可图解运动效果。



> 要使用“Motion 分析”动画类型，需要在顶部选项下拉列表中选择“插件”项，并在打开的对话框中，启用“SolidWorks Motion”插件。

- “工具栏”：通过操控面板的工具栏可以控制动画的播放，当前帧的位置，并可为模型添加马达、弹簧、阻尼和接触等物理因素，以对这方面的实际物理量进行模拟（不同算例类型，可以使用的动画按钮并不相同）。
- “键码区”：显示不同时间，针对不同对象的键码。键码是模型在某个时间点状态或位置的记录。在工具栏“自动键码”按钮处于选中状态时，用户对模型执行的操作，可自动被记录为键码，也可单击“添加/更改键码”按钮，来添加键码。
- “设计树”：是装配体对象、动画对象（如马达）和配合等的列表显示区，其与右侧的键码区是对应的，右侧键码为空时，表示此段时，此对象不发生变化，或不其作用。



> 通过单击设计树上部的“过滤器”按钮，可以有选择性地显示某些需要对其进行操作的对象，如单击“过滤选定”按钮，将只在设计树和键码区中显示选定对象的设计树和键码。

11.2 动画向导

SolidWorks 的动画模块默认提供了一个向导，使用此向导，可轻易制作一些简单的动画，如简单的旋转动画（可用于产品展示），爆炸视图动画和装配动画（可用于说明产品构造）等，本节先来介绍 SolidWorks 的这个功能。

11.2.1 旋转零件动画

所谓旋转零件动画，也就是令零件绕某个轴，不断旋转的动画，以达到展示所设计零件的目的，下面看一下此向导的详细操作。

STEP 1 打开本书提供的素材文件“11.2.1-SC.SLDPRT”，然后切换到“运动算例”面板，如图 11-2 所示，然后单击“向导”按钮，打开动画向导。

STEP 2 在系统默认打开的操作界面中，首先选中“旋转模型”单选钮（表示旋转模型，其余单选按钮的作用，将在下面小节讲述），并单击“下一步”按钮；然后在下一个向导界面中，选中“Y-轴”（表示绕 Y 轴旋转），“旋转次数”设置为 10 次，并设置“顺时针”旋转，然后单击“下一步”按钮；在向导的最后一个操作界面中，设置动画的总长度和动画的开始

时间（“开始时间”之前的时间段，如已有动画视频，此视频将不变，此处将生成静止帧），然后单击“完成”按钮，即完成了动画的创建，如图 11-3 所示。

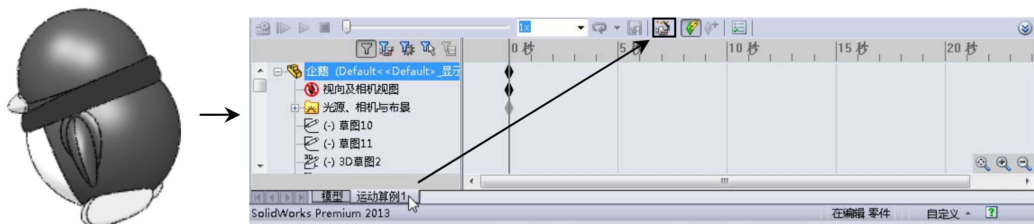
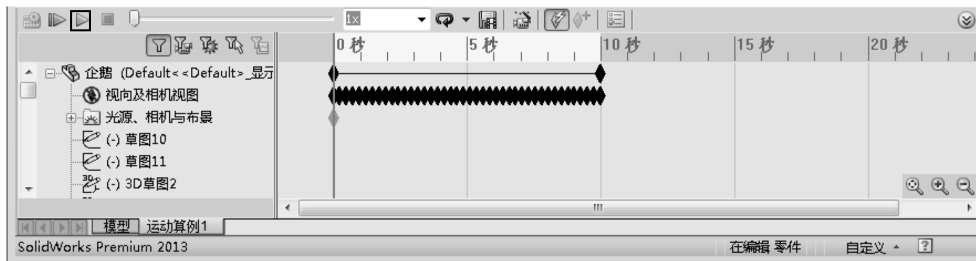


图 11-2　打开素材并切换到“运动算例”面板



图 11-3　向导操作界面

STEP 3 完成向导操作后，系统自动生成了动画，并生成了关键帧，如图 11-4 上图所示，此时单击此操控面板中的“播放”按钮，即可以查看生成的动画了，如图 11-4 下图所示（模型将绕 Y 轴多次旋转）。



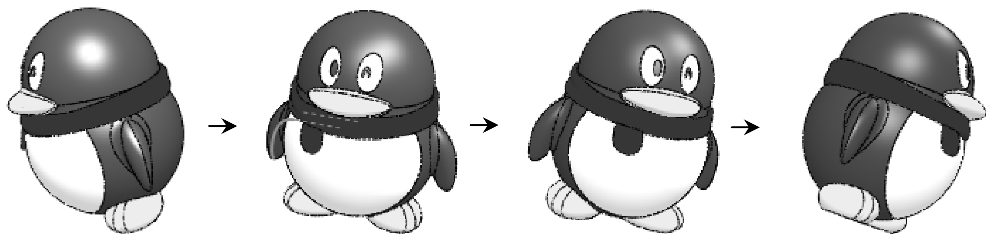


图 11-4　播放视频操作

旋转动画中，如是装配体，零件之间将没有相对运动，所以是最简单的动画。

11.2.2 制作爆炸或装配动画

对于通过第 6 章的操作，进行了装配并创建了爆炸视图的装配文件，可以使用动画向导创建爆炸动画（或装配动画，装配动画是爆炸动画的反向动画）。上一节中，对于图 11-3 左图，之所以不可以选择"爆炸"和"解除爆炸"单选按钮，就是由于素材文件中未创建有爆炸动画。下面看一下爆炸和装配动画的创建操作。

STEP 1 首先打开本文提供的素材文件"平口钳装配.SLDASM"，如图 11-5 左图所示，可发现此装配文件已经创建了爆炸视图，并处于爆炸视图状态，切换到 ConfigurationManager 选项卡，右击如图 11-5 中图所示的选项，选择"解除爆炸"菜单项，解除爆炸状态，效果如图 11-5 右图所示。

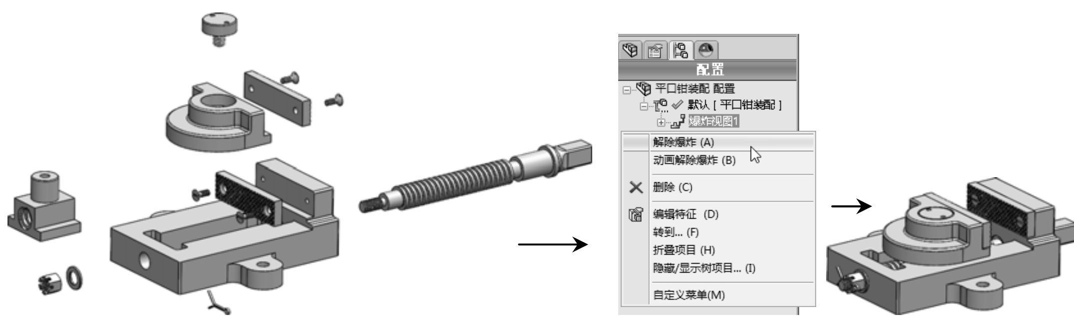


图 11-5 打开素材文件并取消爆炸状态

STEP 2 右击 SolidWorks 操作界面顶部的空白区域，在弹出的快捷菜单中选择"MotionManager"菜单项（如底部已经显示出"运动算例"标签，则无需此操作），再在底部标签栏中，单击"运动算例 1"标签，打开"运动算例"操控面板，如图 11-6 所示。

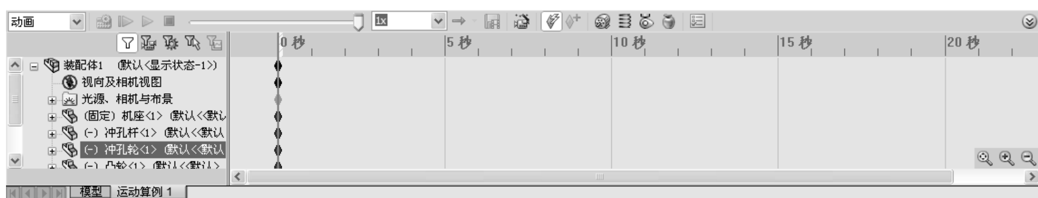


图 11-6 打开"运动算例"操控面板

STEP 3 在"运动算例"操控面板中单击"动画向导"按钮，在打开的"选择动画类型"对话框中选中"爆炸"单选钮，并单击"下一步"按钮，设置动画长度为 12 秒，动画开始时间为 0 秒，单击"完成"按钮，即可完成爆炸动画的创建，如图 11-7 所示。

STEP 4 完成爆炸动画的创建后，在"运动算例"操作面板中单击"播放"按钮，可观看刚才创建的爆炸动画。

STEP 5 再次单击"动画向导"按钮，在打开的对话框中选中"解除爆炸"单选钮，然后单击"下一步"，同样设置动画长度为 12 秒，设置动画的起始时间也为 12 秒，即可以创建解除爆炸的动画（在爆炸动画执行完毕后，会执行反操作）。

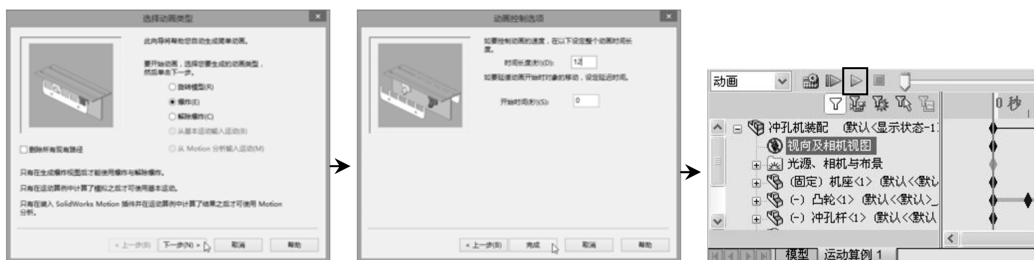


图 11-7 创建“爆炸”动画并进行播放操作



除了上面介绍的动画类型外，使用“动画向导”还可以创建如下两种动画（图 11-7 左图，此处不能选的两个单选按钮）。

① 从基本运动输入运动：由于在“动画”类型的运动算例中很多效果无法模拟（如引力等），而在“基本运动”算例类型中对关键帧的操作又有一定的限制，所以使用此功能可以将运动算例中生成的动画导入到“动画”算例，以进行后续的帧频处理。

② 从 Motion 分析输入运动：同“从基本运动输入的运动”。

此外，在图 11-7 左图所示的对话框中，选中“删除所有现有路径”复选框，可在创建新动画前，删除现有的所有动画（即将首先清除操控面板中的所有动画）。

11.2.3 保存动画

完成动画的制作后，单击运动算例“操控面板”中的“保存动画”按钮，打开保存到视频文件对话框，如图 11-8 所示，通过选择保存路径等，可将制作的动画保存为 AVI 视频文件。然后即可以使用此视频文件向其他人或客户展示自己制作的作品了。



图 11-8 保存当前动画操作

在保存视频的过程中，如图 11-8 所示，可设置动画大小、生成动画的时间范围和动画格式，并可设置视频的压缩程序，以及压缩质量等，通常可保持系统默认设置，即可得到需要的动画效果（缩小视频区域时，需注意，视频被缩小后，可能令部分零件无法查看）。

实例精讲——“产品展示”动画模拟

本实例将讲述一个产品（三抓卡盘）展示的动画，以复习前面学到的动作制作知识。操作的目的，是想将产品的构造表达清楚。

【制作分析】

本实例将首先创建产品的爆炸视图，然后创建爆炸动画，再接着创建装配动画，最后创建旋转动画，三个动画顺次创建，并顺次播放，已达到完全展示零件的目的，如图 11-9 所示。

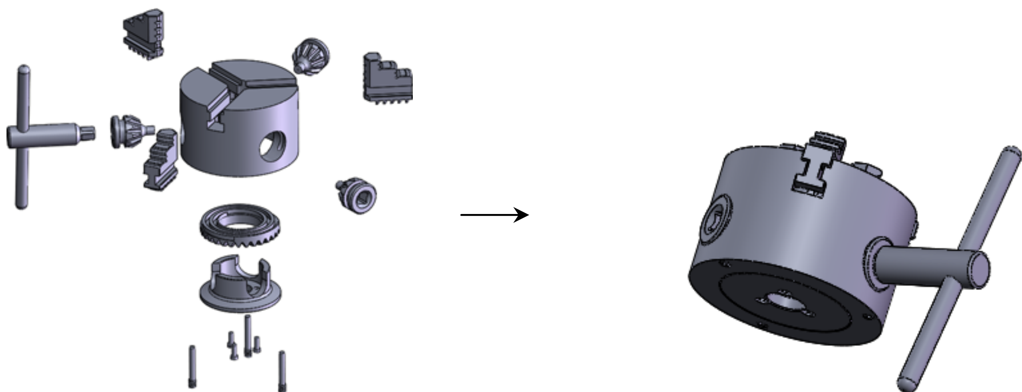


图 11-9　零件模型和分模后的型芯、型腔

【制作步骤】

STEP 1 打开本书提供的素材文件“三抓卡盘.SLDASM”，首先单击“装配”工具栏中的“爆炸视图”按钮，通过数次选择移动的方式创建三抓卡盘的爆炸视图，如图 11-10 所示。在创建的过程中，注意令零件尽量不要穿越，并尽量直线移动。

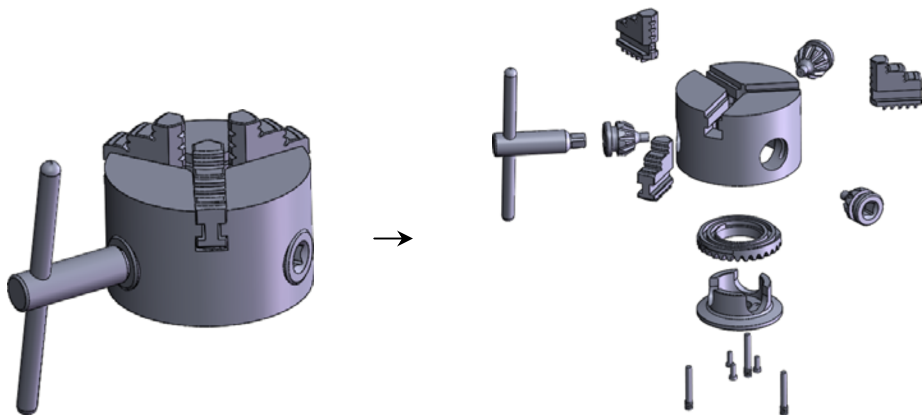


图 11-10　打开素材并创建爆炸视图操作

STEP 2 完成爆炸视图的创建后，单击底部“运动算例”标签切换到运动算例操作空间，

在“运动算例”操控面板中单击“动画向导”按钮，然后顺次创建两段长度都为 13 秒的爆炸动画和装配动画，如图 11-11 所示。

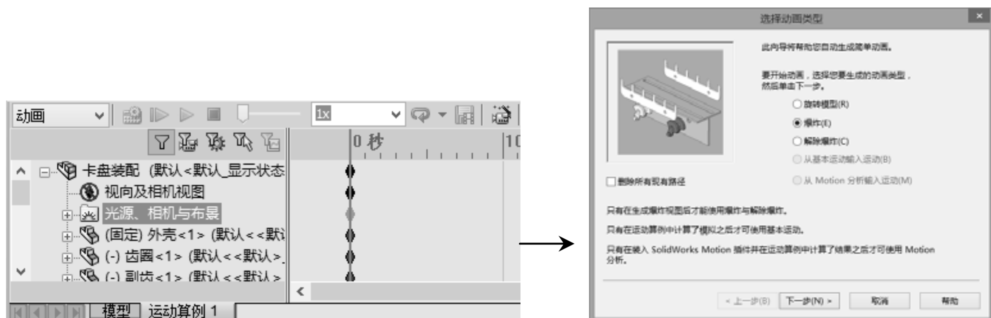


图 11-11 创建爆炸动画操作

STEP 3 继续单击“运动算例”操控面板中的“动画向导”按钮，打开“选择动画类型”对话框，并选中“旋转模型”复选框，然后顺次操作（起始帧设置为 23 秒），创建“旋转动画”，如图 11-12 所示。

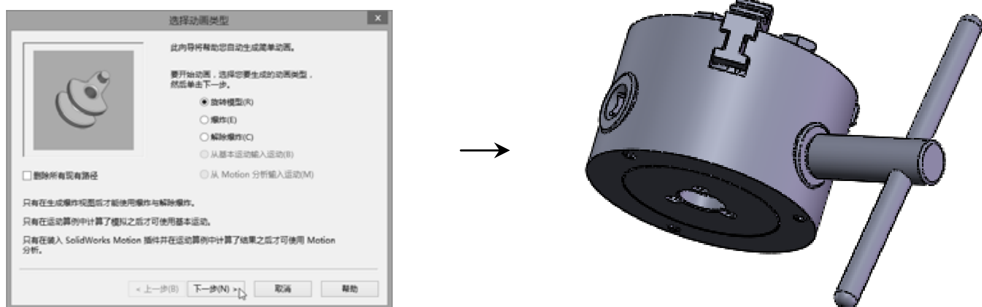


图 11-12 创建旋转动画操作

11.3 “手动”制作动画

上一节讲述的动画操作，都是通过向导创建动画的操作，虽然操作简单，也能实现一些动画效果，但是对于复杂一点的动画要求，就显得力不从心了，为此，我们有必要了解一些“手动”操作动画的技巧。如“动画帧”的手动调整、自动“补间动画”的生成、对象的显示隐藏动画，以及“马达”元素的添加等。

11.3.1 调整动画对象的起始方位

在创建动画的过程中，运动算例默认使用模型或装配体空间的视图位置或视图方向，为运动算例第一个键码中模型的位置和视图方向，用户对其做的视向调节不会记录为键码，如需要改变动画第一帧的视图方向，或将视图方向的改变记录为键码，可执行如下操作：

右键单击运动算例设计树中的“视图及相机视图”项，在弹出的快捷菜单中选择“禁用观阅键码生成”菜单项（取消其选中状态），如图 11-13 所示，然后再调整视图方向时即可将



对视图方向的更改记录为键码。

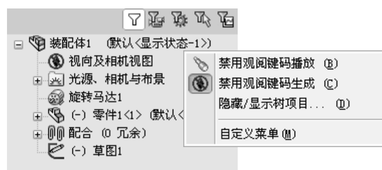


图 11-13　开启观阅键码操作

如在右键快捷菜单中选择“禁用视图键码播放”菜单项，那么在播放图动画时将忽略视图方向的改变，如选择“隐藏/显示树项目”菜单项，则可在打开的“系统选项”对话框中设置设计树中可以显示的项目。



除了上面讲述的几种创建动画的方法外，单击“屏幕捕获”工具栏中的“录制视频”按钮，对当前界面的操作进行录制，再单击“装配体”工具栏中的“移动零部件”按钮，拖动零部件也可创建视频动画（此种方法较少采用）。

11.3.2 简单“关键帧”的调整

如果读者学过 Flash，那么一定接触过由矩形变圆形这样的动画制作。即首先在两个帧点处分别画一个矩形和一个圆，然后使用 Flash 将自动补充由矩形变成圆的中间动画过程。在 Flash 中，将这种动画称作“补间动画”，实际上在 SolidWorks 动画制作的过程中，也可以执行此类操作，具体方法如下。

打开本书提供的素材文件“夹具.SLDASM”，并切换到“动画算例”模式，然后在键码区中将当前键至于某个时间点（如 5 秒处，单击即可），并保证“自动键码”按钮处于选中状态，然后手动拖动零件到某个位置，如图 11-14 所示，松开鼠标，系统将在当前时间点处自动添加键码，并创建补间动画（单击“播放”按钮可查看动画效果）。

如想更加精确地控制零件的移动或旋转，在装配体的动画算例中右击“零部件”，在弹出的快捷菜单中选择“以三重轴移动”菜单项，将在操作界面中显示出用于移动零部件的三重轴，如图 11-15 所示，此时拖动三重轴的各个轴线或径向，对零部件进行操作即可。



图 11-14　通过拖动零件创建动画

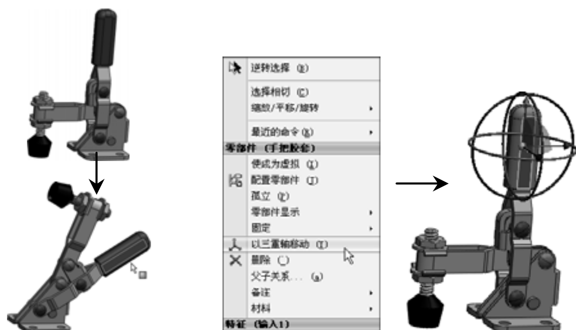
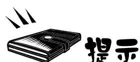


图 11-15　调出三重轴操作



右击三重轴坐标系的轴面或轴圈，可以在弹出的快捷菜单中选择更多的选项，以更加精确地定义零件偏移的值（如选择“显示旋转三角形 XYZ 框”菜单，可以在显示出的框中指定零件旋转的具体角度值）。

此外，此处定义的零件运动，需要所添加“配合”的允许范围内操作，否则所加操作将被忽略。

11.3.3 对象的显示、隐藏和颜色变换动画

结合 11.3.1 节，在“禁用观阅键码生成”菜单项处于“选中”状态下，对模型的显示和隐藏操作，可以自动生成键码（所以此处不做过多讲述）。

但是颜色的变换，通过上述操作却不会自动生成键码，要令模型的颜色更改也被记录为键码，可在“自动键码”按钮处于选中状态下，首先将键码移动到需要记录键码的位置处，然后在左侧“算例树”中展开要更改颜色零件的算例树，右击“外观”项，选择“外观”菜单，在打开的“颜色”属性管理器中更改“模型”的外观，即可在需要的位置处，自动生产键码，并同时生成颜色变换的动画，如图 11-16 所示。

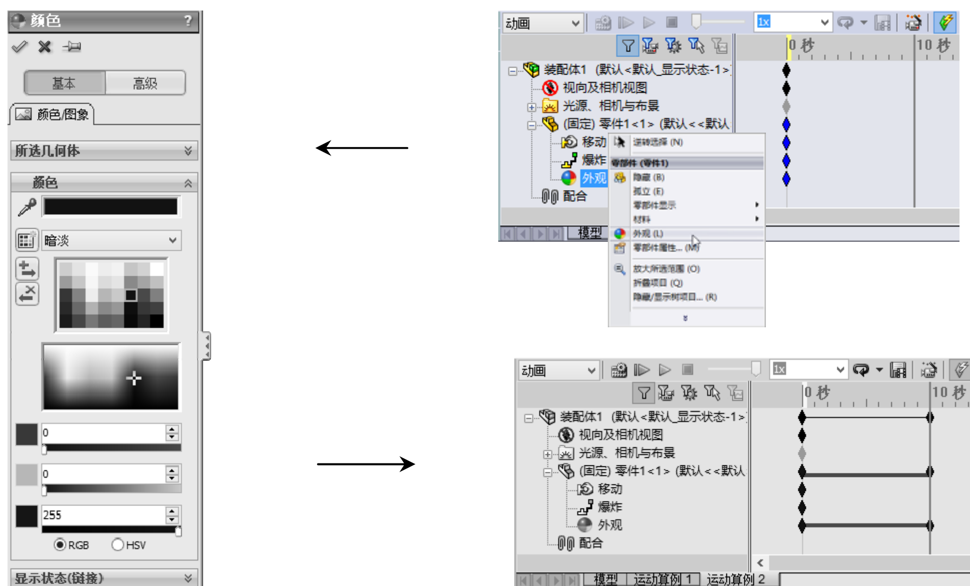


图 11-16　通过改变颜色生成动画操作



除了自动生成关键帧，实际上，右击动画“操控面板”右侧的时间条任意有对象对应的位置，选择“放置键码”菜单，都可以在单机位置处插入键码。自动插入的关键键码，到前一个键码间，将不产生“补间动画”，即两个键码间可能是瞬态变化的。

11.3.4 马达的添加和使用

“马达”可令被驱动的对象在“配合”允许的范围内，做旋转运动，或做直线运动，操作时，可设置旋转的速度，或直线移动的速度。

单击动画算例“操控面板”工具栏的“马达”按钮，选择某个圆柱面等设置马达动力输出的位置，在“运动”卷展栏中设置马达的类型和速度，单击“确定”按钮，即可为选中对象添加默认 5 秒驱动的马达动画。如果默认添加了马达与其他零件的“配合”关系，则可在配合允许的范围内，带动其他零部件运动，如图 11-17 所示。

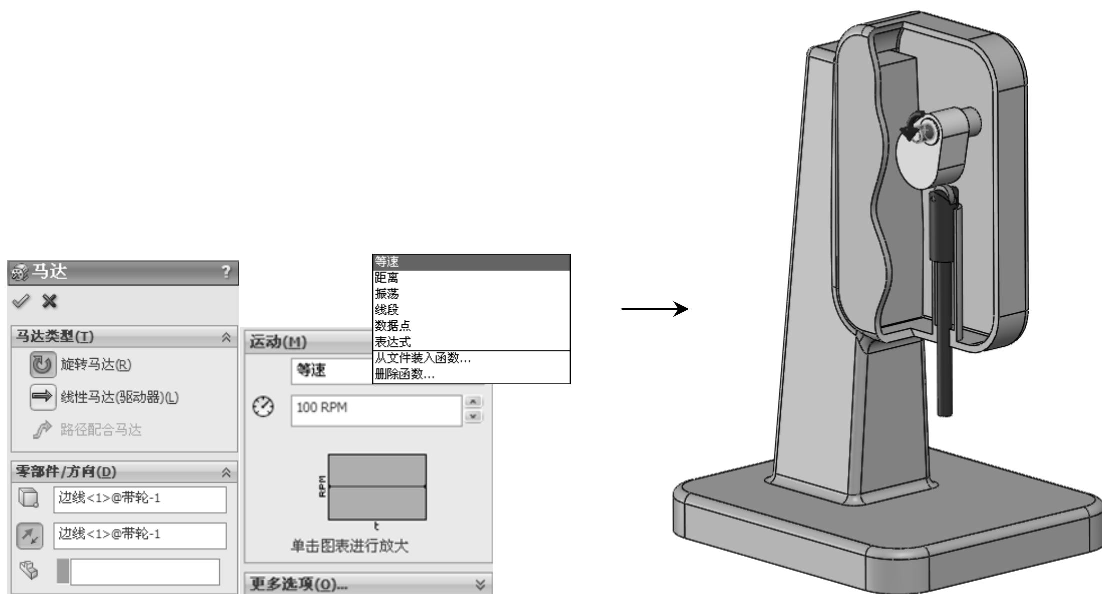


图 11-17　通过添加马达创建动画操作

添加马达后，可通过拖动“键码区”中马达对应的键码来加长或缩短马达运行的时间长度。此外默认添加的马达类型为“旋转”“等速”（100rpm，即 100 转/分）的马达，此外也可创建“线性马达”和“路径配合马达”，下面解释一下这三种马达类型。

➢ 旋转马达：绕某轴线旋转的马达，应尽量选择具有轴线的圆柱面、圆面等为马达的承载面，如选择边线为马达承载面，零件将绕边线旋转。此外，当马达位于活动的零部件上时，应设置马达相对移动的零部件。
➢ 线性马达：用于创建沿某方向直线驱动的马达，相当于在某零部件上添加了一台不会拐弯的发动机，其单位默认为“mm/s”。
➢ 路径配合马达：此马达只在“Motion 动画”算例中有效，在使用前需要添加零件到路径的“路径配合”配合，而在添加马达时则需要在“马达”属性管理器中的添加此配合关系为马达位置。

此外，在“马达”属性管理器的“运动”卷展栏中可以设置等速、距离等多种马达类型，如图 11-17 左图所示，下面再集中解释一下这些马达类型的有何不同：

➢ 等速：设置等速运动的马达，如转/分（rpm）或 mm/s。

- 距离：设置在某段时间内，马达驱动零部件转多少度或运行多少距离。
- 振荡：设置零部件以某频率，在某个角度范围内或距离内振荡。
- 线段：选中此选项后，可打开一对话框，在此对话框中，可添加多个时间段，并设置在每个时间段中零件的运行距离或运行速度。
- 数据点：与“线段”的作用基本相同，只是此项用于设置某个时间点处的零件运行速度或位移。
- 表达式：通过添加“表达式”可设置零件在运动过程中变形，也可设置零部件间的相互关系等（其方法与软件开发非常类似，可在函数中引用其他零部件的某个“尺寸值”，此尺寸值位于此零部件某“尺寸”属性管理器的主要值卷展栏中）。
- 从文件装入函数和删除函数：用于导入函数或删除函数。

实例精讲——“挖掘机”动画模拟

本实例将讲解使用 SolidWorks 设计挖掘机模型挖掘动画的操作，主要包括挖掘和放下物体两个动作。在操作的过程中，应着重注意“线段”类型“马达”的添加和使用。

【制作分析】

挖土机的挖掘臂，共有三个液压缸，底部的缸体用于控制挖掘臂的升降，顶部的两个挖掘臂用于形成挖掘操作，本节使用三个直线类型的“马达”分别模拟这三个液压缸推动或伸缩，如图 11-18 所示，下面看一下相关操作。

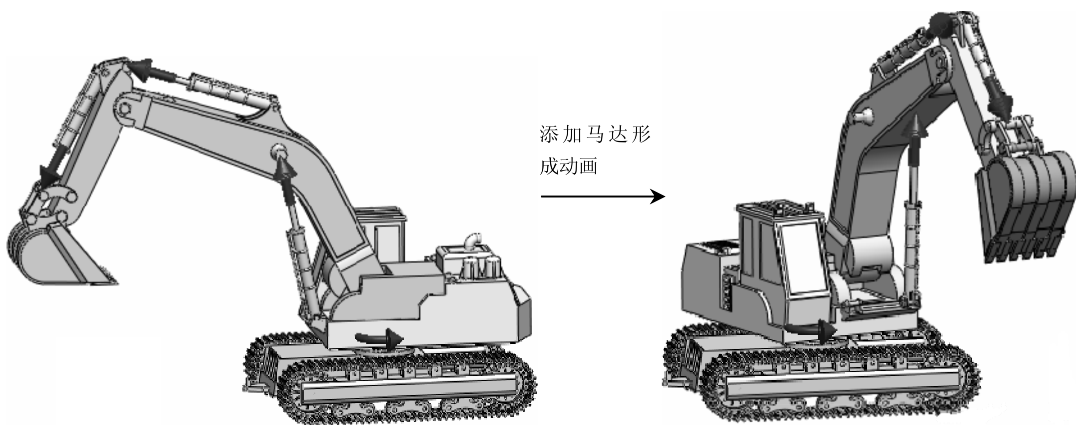


图 11-18　通过添加马达创建动画操作

【制作步骤】

STEP 1 打开本文提供的素材文件“挖土机.SLDASM”，并单击底部的“运动算例 1”标签打开运动算例操作面板。

STEP 2 单击操控面板工具栏中的“马达”按钮，选择操作台底部的圆柱面作为马达位置，选择“底座装配”为马达“要相对移动的零部件”，如图 11-19 左图和中图所示，然后在“运动”卷展栏的下拉列表中选择“线段”下拉列表项，在打开的“函数编辑程序”对话

框中，输入如图 11-19 右图所示数据，添加一旋转马达。

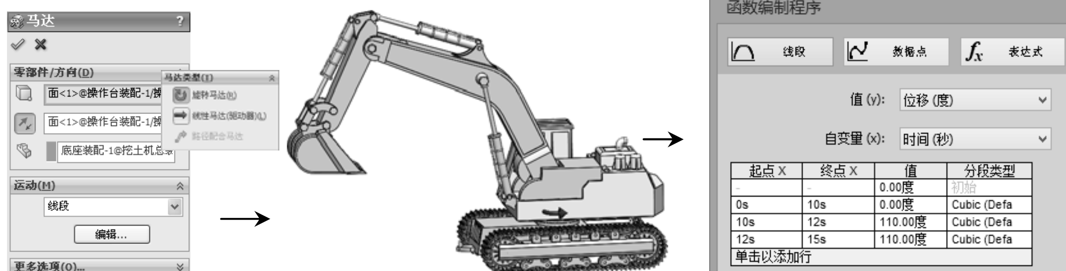


图 11-19　添加旋转马达并定义马达线段操作

STEP 3 同步骤 2 的操作，单击“马达”按钮，选择支撑“动臂”的一个“活塞”，“要相对移动的零部件”选择其下部的“活塞缸”，然后输入“线段”运动类型的相关数据，如图 11-20 所示。

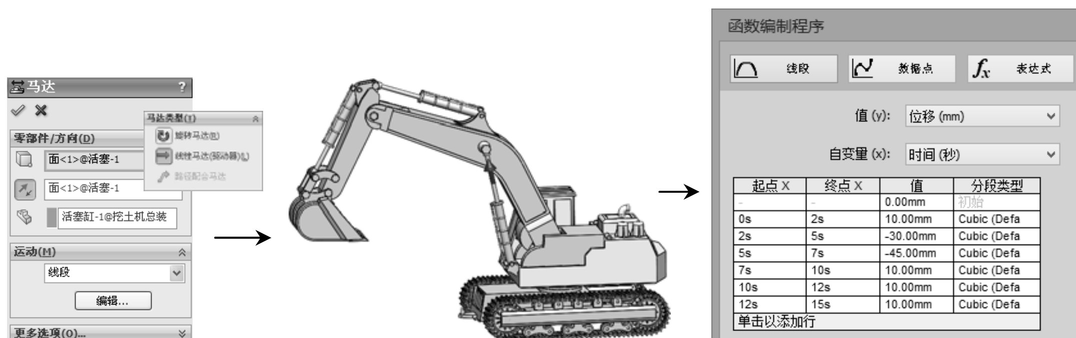


图 11-20　添加第一个直线马达并设置马达线段操作

STEP 4 同步骤 3 的操作，添加“动臂”上部“活塞”的直线马达，如图 11-21 所示，并按照如图 11-21 右图所示设置马达的线段参数。

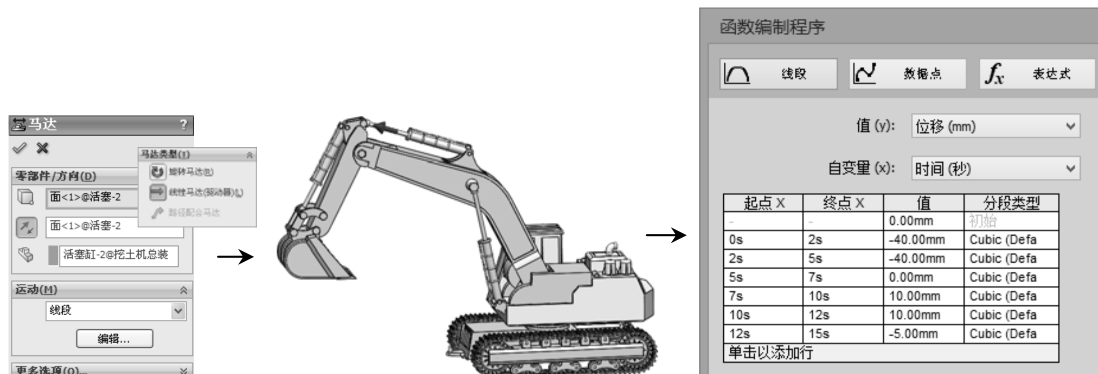


图 11-21　添加第二个直线马达并设置马达线段操作

STEP 5 同步骤 3 的操作，添加驱动“挖斗”的“活塞”的直线马达，“要相对移动的零

部件”同样选择与其相连的“活塞缸”，如图 11-22 所示，并按照如图 11-22 右图所示设置马达的线段参数。完成全部操作，单击“播放”按钮，可查看动画效果。

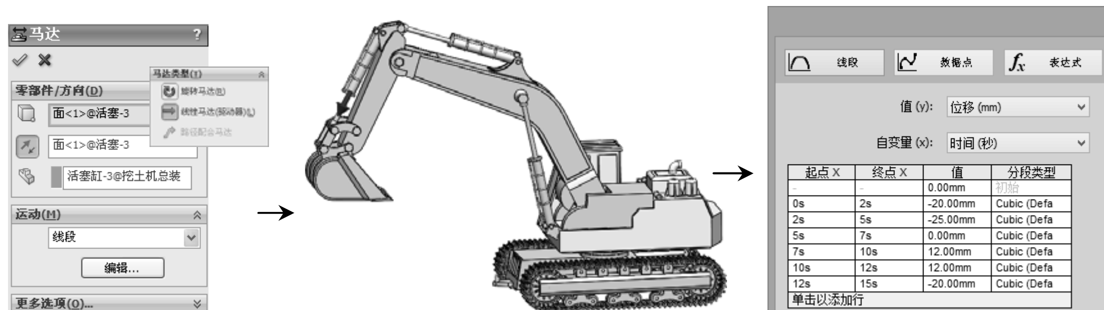


图 11-22　添加第三个直线马达并设置马达线段操作

11.4　复杂动画制作

除了上面这些动画的创建之外，我们还可以创建更多的复杂动画，如路径动画、相机动画、齿轮动画等，以及方程式驱动的动画，下面看一下相关操作。

11.4.1 路径动画

可以令目标对象顺着某条绘制好的路径移动，以形成路径动画，下面看一个操作。

STEP 1 在装配环境中，首先装配一个平板，然后绘制一条样条曲线，再导入一个带有中心“点”的球，然后定义球的中心点和样条曲线之间的“重合”配合关系，如图 11-23 所示。

STEP 2 接着操作，添加“配合”定义球中心点与样条曲线之间的距离为 10，如图 11-24 所示。

STEP 3 然后单击底部的“运动算例 1”标签打开“运动算例”操作面板，再将“当前时间点”至于 2 秒处，编辑“距离”配合，定义此时间点处的距离为 290，如图 11-25 所示，完成操作。

STEP 4 系统自动生成了补间动画，然后将“样条曲线”隐藏，再单击“播放”按钮，即可查看路径动画效果了，如图 11-26 所示（有些像是小球的跳动）。

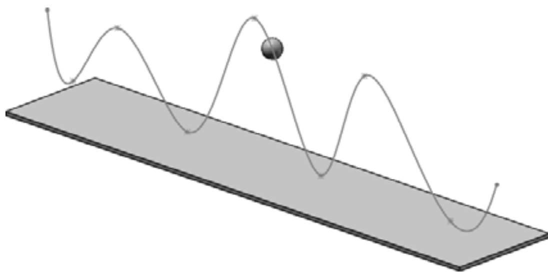


图 11-23　导入零件并定义“重合”配合关系

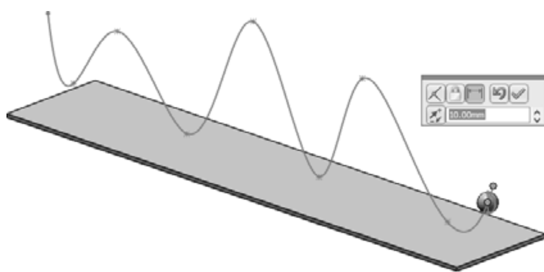


图 11-24　定义“距离”配合关系

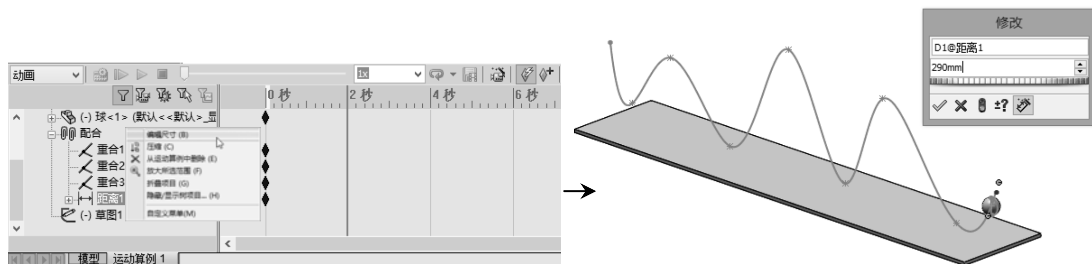


图 11-25　新时间点处重新定义“距离”配合操作

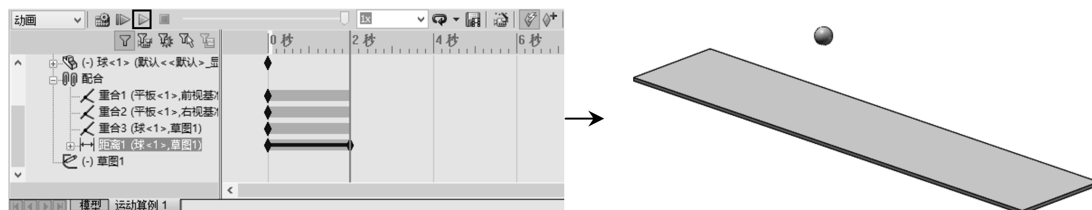


图 11-26　生产的动画和播放效果瞬时图

11.4.2 相机动画

将相机固定在某个参照物上，然后令参照物运动，即可生成相机动画，下面看一下相关操作。

STEP 1 首先打开本文提供的素材文件“宿舍装配.SLDASM”（在上一章中，渲染章节中操作过此文件），然后首先创建一个距离底部窗框 60 的基准面，再在基准面中绘制一条样条曲线，如图 11-27 所示。

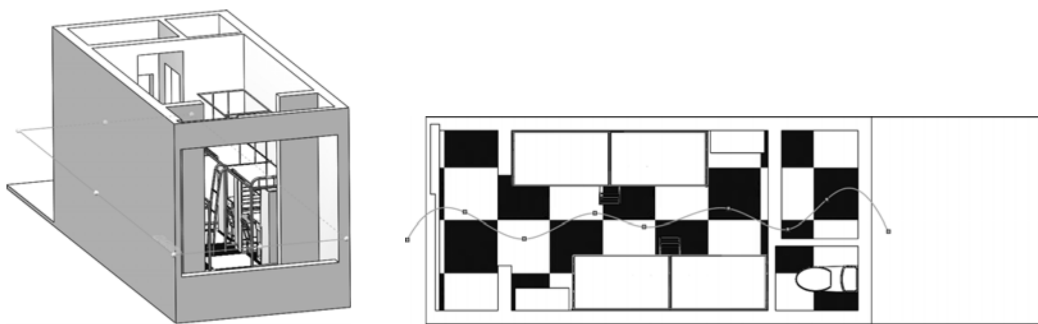


图 11-27　创建基准面并绘制样条曲线

STEP 2 导入“辅助块. SLDPRT”文件，然后选中此块底部一条边线的中点和绘制的样条曲线，为其定义约束为“路径配合”，如图 11-28 所示（应注意设置“随路径变化”——X 轴的“偏航控制”关系）。

STEP 3 设置相同的点，到宿舍最前端外部面的“距离”配合为 900，如图 11-29 所示（如辅助块的中点无法被选中，可将样条曲线暂时隐藏）。

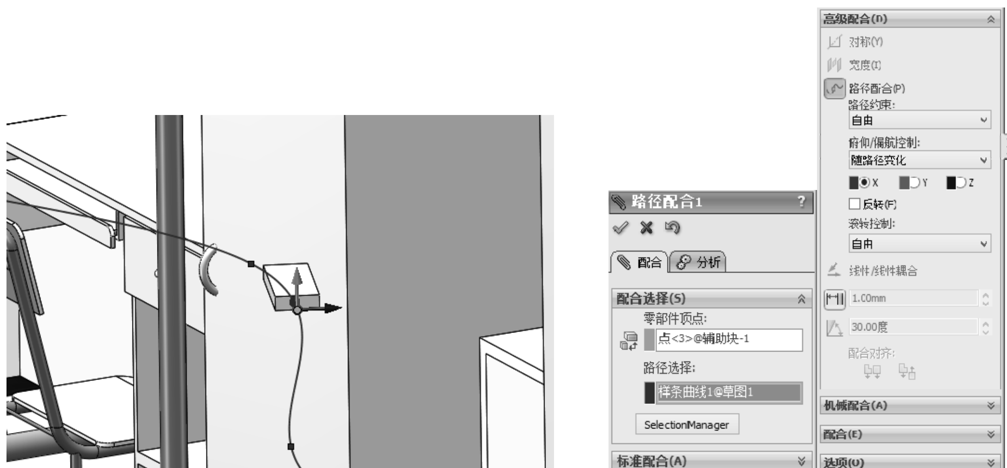


图 11-28　设置路径配合约束

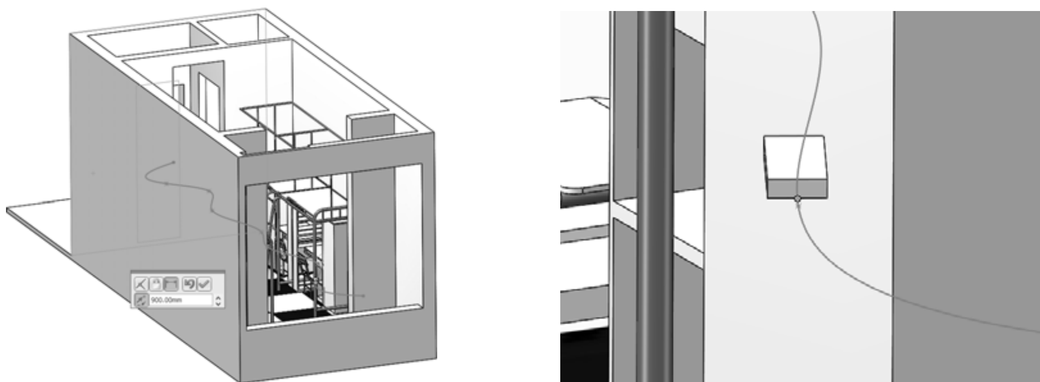


图 11-29　设置距离约束

STEP 4 再选中“辅助块”的上表面，设置与窗户底部窗框的“平行”配合关系，如图 11-30 所示。

STEP 5 然后“编辑”相机，设置其目标位置为“辅助块”上表面的前端中点，设置“相机位置”为“辅助块”上表面的后部中点，如图 11-31 所示。

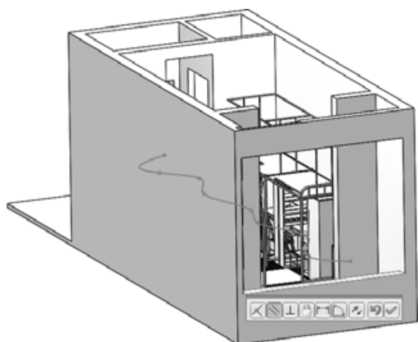


图 11-30　设置平行约束



图 11-31　定义相机位置

STEP 6 将当前视图设置为相机视图，然后切换到“运动算例”环境，将当前帧移动到10秒位置处，然后修改“距离10”配合的大小为100，如图11-32所示。完成操作后，系统将生成动画，单击播放按钮，进行播放即可。

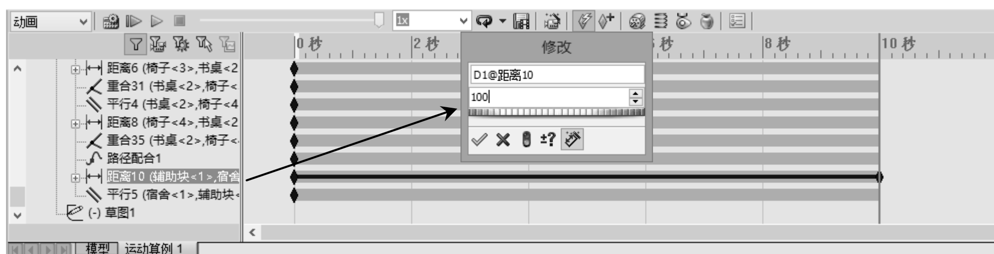


图 11-32　修改“距离”约束生成动画

11.4.3 齿轮动画

齿轮动画的关键，不在动画的创建，而在于“配合”条件的添加。如图11-33所示，打开素材文件“齿轮动画.SLDASM”（已定义了齿轮的轴向配合），首先定义两个齿轮间的齿轮配合关系，相同的比率，决定两个此轮转速相同；然后定义一个齿轮与齿条的“齿条小齿轮配合”配合，如图11-34所示；最后为齿条添加一个“直线马达”（作为驱动），即可得到齿轮动画了。

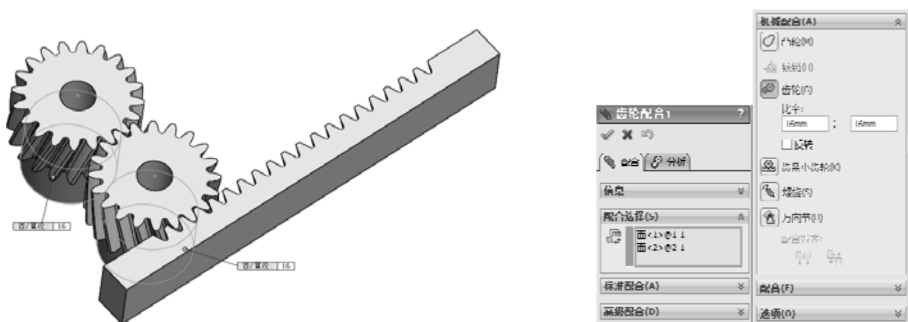


图 11-33　“齿轮配合”配合的添加

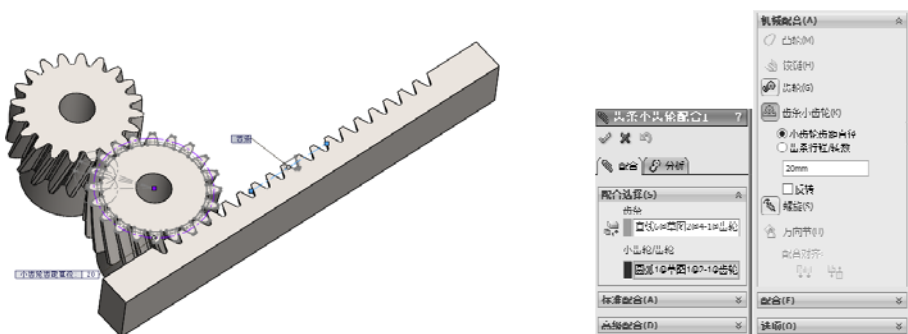


图 11-34　“齿条小齿轮配合”配合的添加

11.4.4 带轮动画

带轮动画的关键，同样也在于“配合”条件的添加，下面看一个操作。

STEP 1 如图 11-35 所示，打开素材文件“带轮动画.SLDASM”后（已为带轮轴定义了配合），选择“插入”>“装配体特征”>“皮带/链”菜单，选择两个带轮的内侧面，添加一个“皮带/链”特征（实际上就是生成了一条线）。



图 11-35 添加“皮带/链”特征

STEP 2 编辑“皮带/链”特征包含的实体特征，选择一面（或创建基准面）绘制带轮的横截面，然后使用扫描特征，创建带轮实体，如图 11-36 所示。

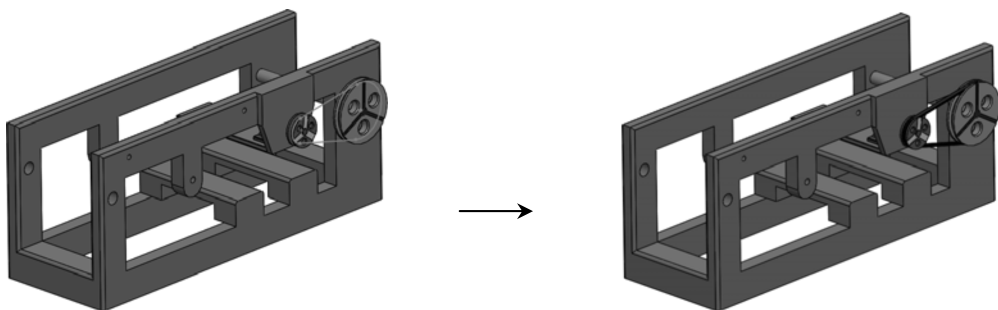


图 11-36 创建“皮带”实体

STEP 3 最后切换到“运动算例”操控面板，为一个带轮添加一旋转马达，即可完成带轮动画的创建，如图 11-37 所示。单击“播放”按钮，即可播放带轮动画。

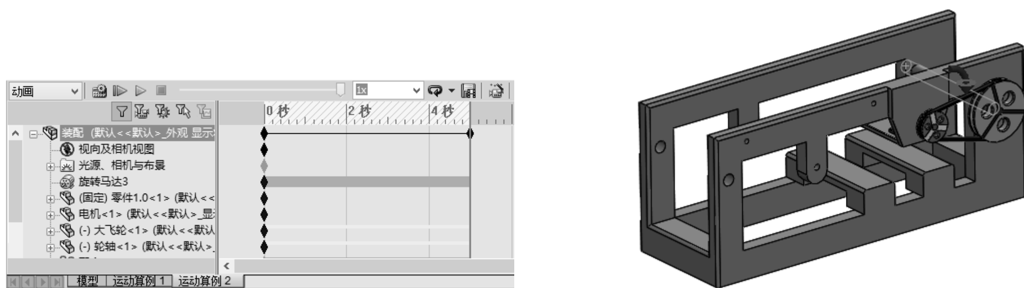


图 11-37 添加“旋转”马达创建“带轮”动画

11.4.5 “拧螺钉”动画

“拧螺钉”动画，需要添加一“螺旋”配合，如图 11-38 左图所示，然后为旋转的部分添加“旋转”马达，即可实现“拧螺钉”动画，如图 11-38 右图所示。

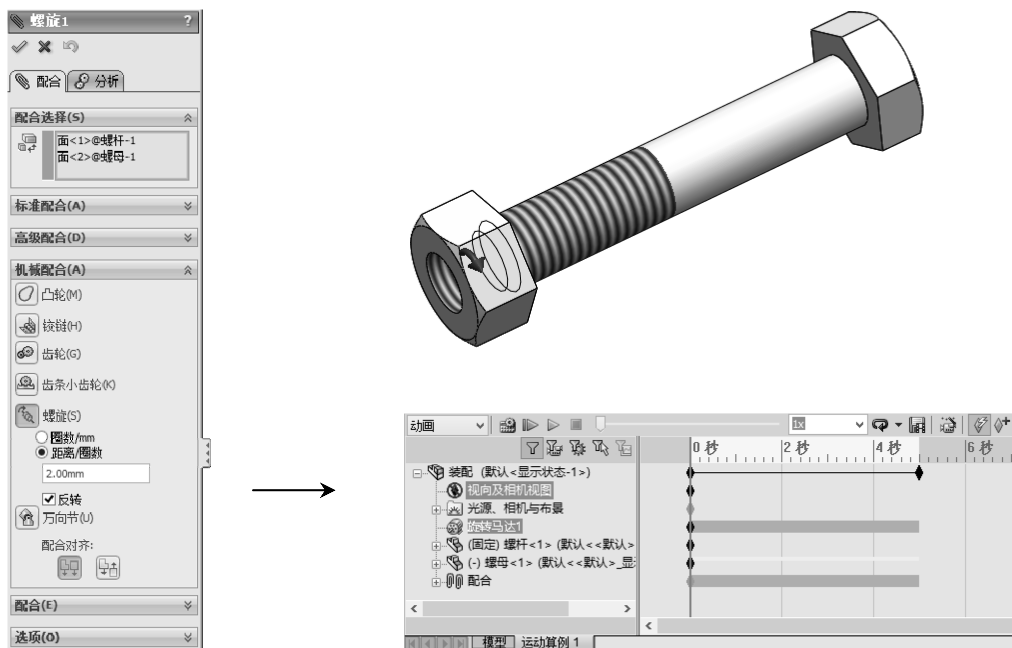


图 11-38 “拧螺钉”动画的操作

“螺旋”配合中，“圈数/mm”表示移动一毫米的距离需要旋转多少圈，“距离/圈数”表示旋转一圈，旋转的部分相对于另外一部分移动的距离。

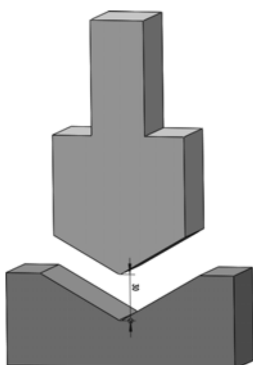
11.4.6 参数关联动画

所谓“参数关联”，即是在装配体中，参照已导入的零件，直接创建新零件。由于新创建的零件，参照了其余零件的一些位置信息等，所以完成操作后，当被参照的零件位置发生变化时，所创建的零件也会发生相应的改变，从而生成动画。下面看一个操作。

STEP 1 如图 11-39 所示，首先创建装配体文件，然后导入本书提供的素材文件（相应的文件夹下），再定义所导入的两个素材文件的配合关系，除了一些“重合”“平行”配合外，应重点定义另个顶点的“距离”配合为 30。

STEP 2 单击“装配体”工具栏中的“新零件”按钮，选择“台子”的侧面创建零件，如图 11-40 所示，直接进入此面的草绘模式，然后按如图 11-41 所示绘制草图，并添加必要的约束，然后退出草绘模式。

STEP 3 使用步骤 2 绘制的草图，创建一厚度为 2 的拉伸实体（宽度与“台子”相同），如图 11-42 所示，然后进入“运动算例”环境，将当前帧至于 4 秒处，然后设置步骤 1 中的“距离”配合为 2，完成动画的创建，播放即可查看动画效果，如图 11-43 所示。





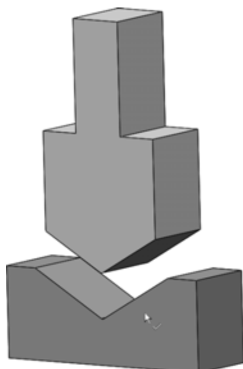


图 11-39　导入素材文件并定义配合　　　　图 11-40　创建新文件并选择面

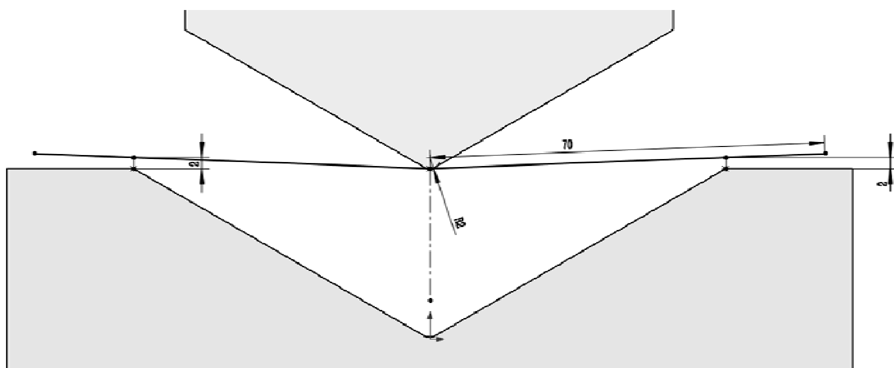
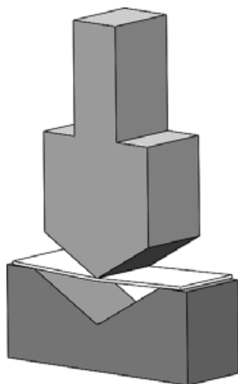


图 11-41　绘制草图





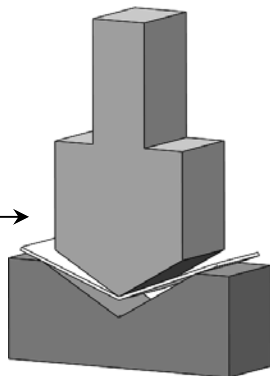


图 11-42　创建拉伸实体　　　　图 11-43　创建动画

11.4.7 “方程式”动画

可以使用“方程式”将装配体中不同零件上的参数连接起来，以模拟更多的动画效果。操作如下所示。

STEP 1 首先打开本书提供的素材文件，右击要设置方程式的模型的“注解”项，选择

"显示特征尺寸"菜单，显示出要设置方程式的尺寸，如图 11-44 所示。

STEP 2 然后选择"工具">"方程式"菜单，打开"方程式******"对话框，将光标置于"方程式・零部件"栏，然后单击 R30 尺寸，设置其数值为"= 20 + "D1@距离 1" * 2"，然后重新生产动画，播放动画，即可见到需要的效果，如图 11-45 所示。

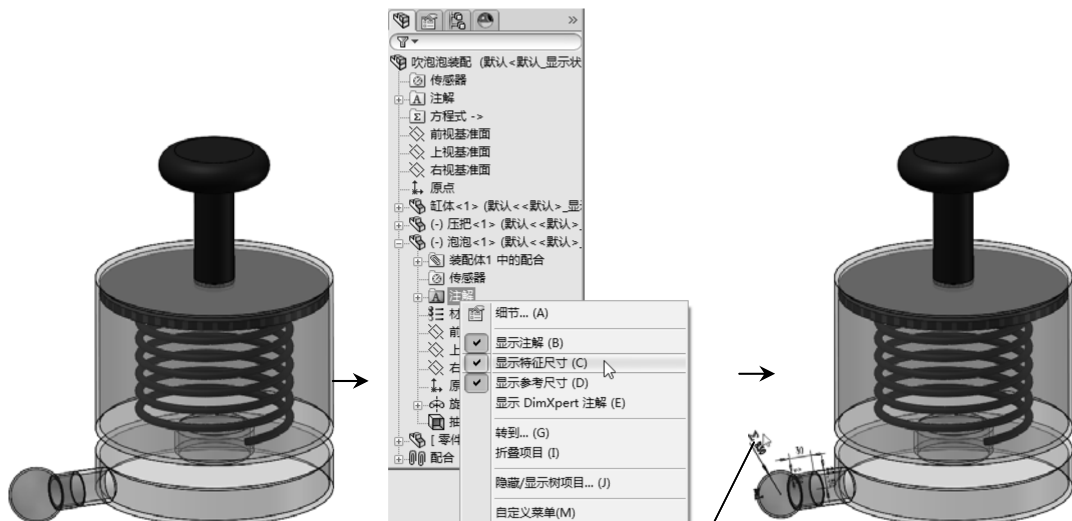


图 11-44　显示特征尺寸



图 11-45　添加方程式操作

实例精讲——"滑轮吊物"动画模拟

本实例将讲解，使用 SolidWorks 设计"滑轮吊物"动画的操作，就是通过拉滑轮一端的绳子，令另外一端的重物升起，这里有一些技巧需要注意，是读者有必要掌握的。

【制作分析】

本实例的操作重点在于添加了两个"齿条小齿轮配合"配合，然后添加了一个装配环境下的"拉伸切除"操作，如图 11-46 所示，下面看一下相关操作。

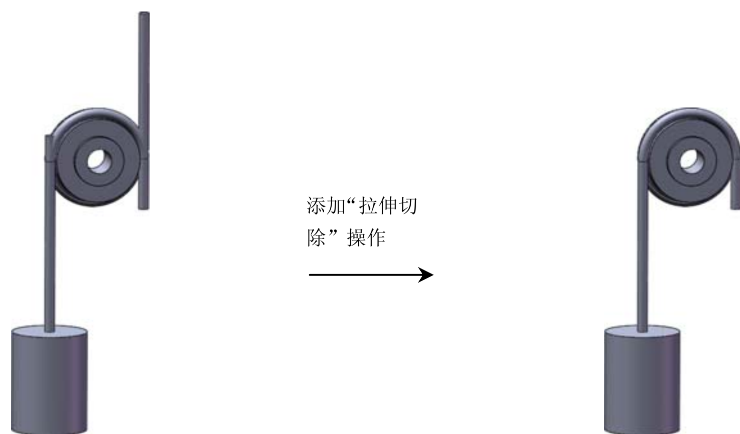


图 11-46 “滑轮吊物”动画的关键点

【制作步骤】

STEP 1 新建“装配”文件，然后导入本书提供的多个素材文件，并进行基本的装配，效果如图 11-46 左图所示。

STEP 2 添加“轮子”和“长线”间的两个“齿条小齿轮配合”配合，如图 11-47 所示，设置每个转数的大小都为 30，只是方向相反。

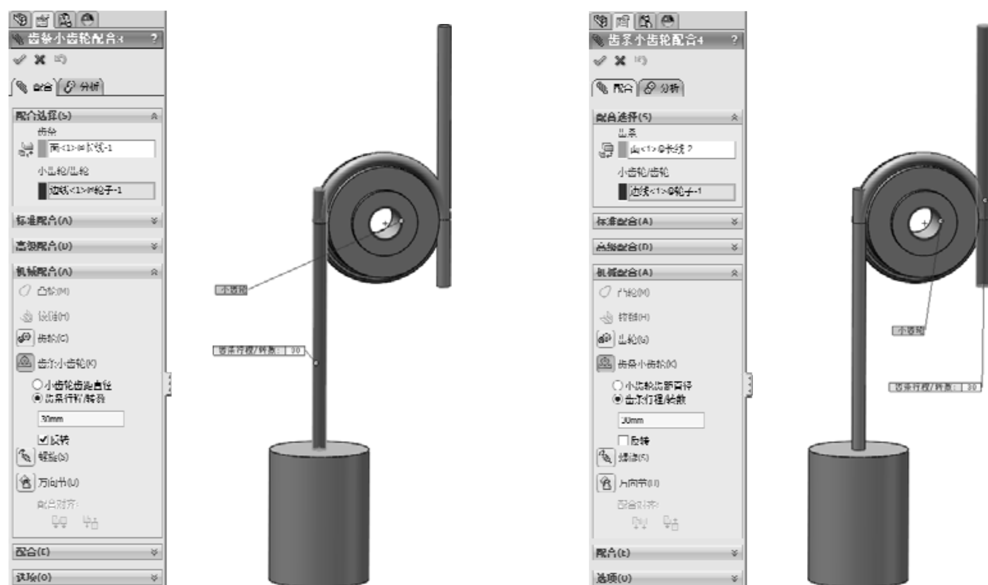


图 11-47 添加两个“齿条小齿轮配合”配合

STEP 3 在“装配”环境下，捕捉“绳子”的下端面，执行“完全贯穿”的“拉伸切除”操作，如图 11-48 所示（设置只对“长线”对象执行拉伸切除操作）。

STEP 4 切换到“运动算例”操控面板，然后将当前帧至于 4 秒位置处，然后直接拖动右侧的“长线”，如图 11-49 所示，即可生成动画，“播放”可看到动画效果。



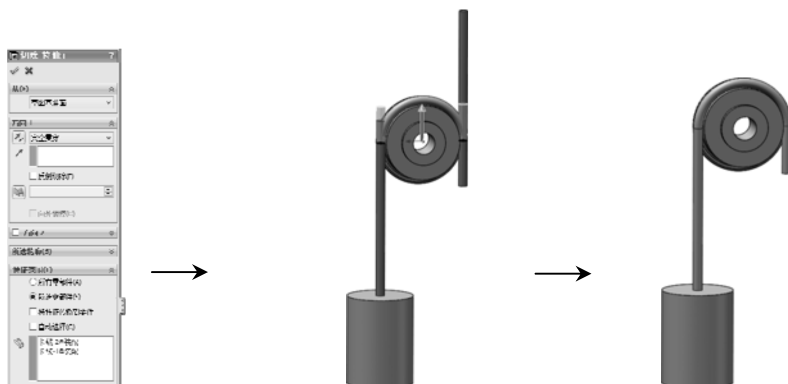


图 11-48　创建“拉伸切除”特征

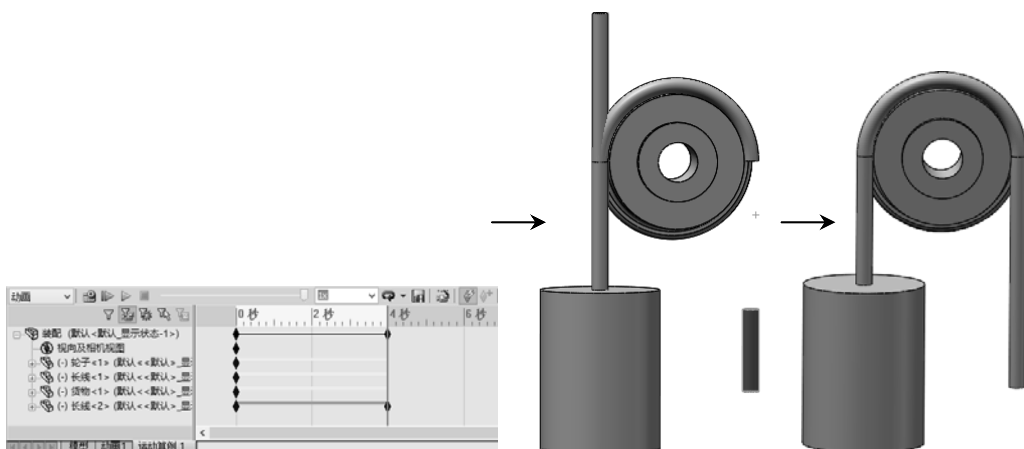


图 11-49　创建动画

实例精讲——“仿真弹簧”动画模拟

本实例将讲解使用 SolidWorks 设计“仿真弹簧”动画的操作，主要目的是想实现“弹簧被压缩”的效果。

【制作分析】

本实例操作过程中，讲主要用到“参数关联”和“扫描”操作，也是读者需要注意的，下面看一下相关操作。

【制作步骤】

STEP 1 新建“装配”文件，然后导入本书提供的素材文件“挡板.SLDPRT”（两次），并进行装配，效果如图 11-50 所示。

STEP 2 在装配环境下，直接单击“装配”工具栏中的“新零件”按钮，创建与两个“挡板”相关联的草图，再使用“扫描”特征，创建出弹簧零件，如图 11-51 所示（弹簧截面的直径为 7）。

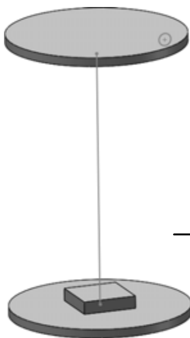



图 11-50 导入素材文件

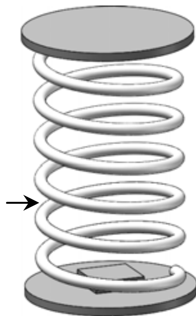



图 11-51 创建弹簧文件

STEP 3 然后添加两个“挡板”间的“距离”配合，所添加的距离为 150，如图 11-52 所示。

STEP 4 切换到“运动算例”操控面板，将当前帧移动到 5 秒处，编辑上面添加的“距离”配合，大小设置为 80，系统将生成动画，完成操作，如图 11-53 所示。然后单击“播放”按钮，即可见到弹簧压缩的动画效果。

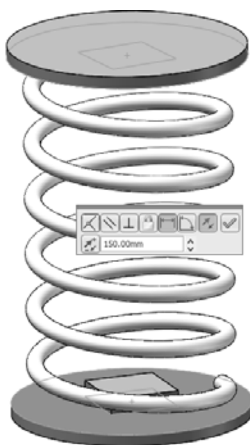
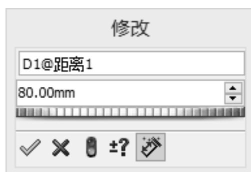


图 11-52 定义面间的距离



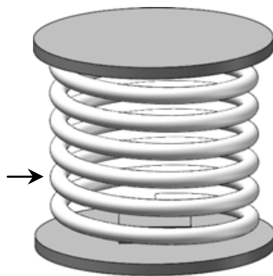



图 11-53 通过修改“距离”配合生成动画

11.5 本章小结

本章主要讲述了在 SolidWorks 中创建动画的相关知识，其中顺序讲述了使用“动画向导”、手动创建动画和复杂动画的创建，其中“动画向导”较为简单，也较为常用，可首先重点掌握，其余内容，在需要时进行了解即可（或可根据兴趣，对相关内容进行学习）。

11.6 思考与练习

一、填空题

（1）右击 SolidWorks 操作界面顶部空白区域，在弹出的快捷菜单中选择__________菜单项，然后在底部标签栏中单击____________标签可调出运动算例操作面板。

（2）要使用“Motion 分析”动画类型，需要在顶部选项下拉列表中选择“插件”项，并在打开的对话框中，启用______________插件。

（3）进行了装配并创建了______________的装配文件，可以使用动画向导创建爆炸动画。

（4）“马达”可令被驱动的对象，在“配合”允许的范围内，做________，或做_________。

（5）所谓______________，即是在装配体中，参照已导入的零件，直接创建新零件。

二、问答题

（1）设计树上部的“过滤器”按钮有何作用？请举例说明。

（2）什么是“旋转零件动画”？试简述其定义。

（3）如需要改变动画第一帧的视图方向，需如何操作？

（4）如何令对象颜色的更改被记录为动画？试简述其操作。

三、操作题

（1）本操作题使用与前面实例相同的素材，如图 11-54 所示，打开本书提供的素材文件“三爪卡盘.SLDASM”，然后尝试创建“三抓卡盘”旋转的动画操作。



此操作题，可主要用到“齿条小齿轮配合”配合（旋转某部分后，相关部分直线运动，需要添加多个），和“齿轮配合”配合（啮合，同样需添加多个），然后添加一个旋转“马达”即可实现需要的动画效果。

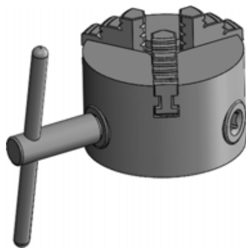


图 11-54 “三爪卡盘”素材文件

（2）新建装配体文件，如图 11-55 所示，使用本章所学的知识实现“手风琴”动画效果。

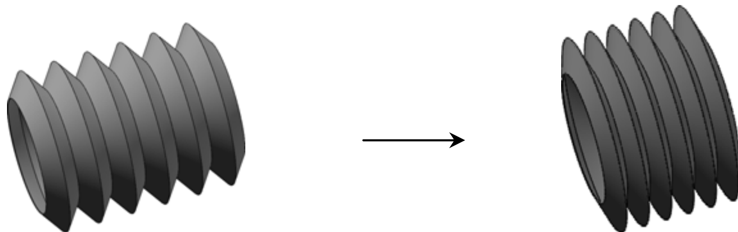


图 11-55 手风琴动画效果



“参数关联”即可，与弹簧动画的创建类似。

第 12 章　综合实例——设计航模发动机

本章要点

- 航模发动机概述
- 航模发动机的主要设计过程
- 航模发动机的装配
- 绘制航模工程图
- 渲染发动机
- 航模运动仿真

学习目标

本章通过对航模发动机的设计，以复习本书前面所学习的知识，包括草图、基础建模工具、曲线、曲面、钣金、装配、工程图、运动仿真和流体分析等内容。

12.1　航模发动机概述

随着“神舟”和“嫦娥”系列宇宙飞船的陆续升空，我国近段时期掀起了持续不断的“航模热”，航模的生产和人们对航模的需求呈不断上升趋势。为了适应国内的这种大环境和大趋势，本章我们学习航模发动机的设计，如图 12-1 所示。



图 12-1　航模发动机装配图和渲染效果图

12.1.1 航模发动机结构和设计说明

本章设计的航模发动机为常见的 2 冲程、单缸甲醇机，发动机模块主要由汽缸、消声器和化油器三部分组成，如图 12-2 所示。

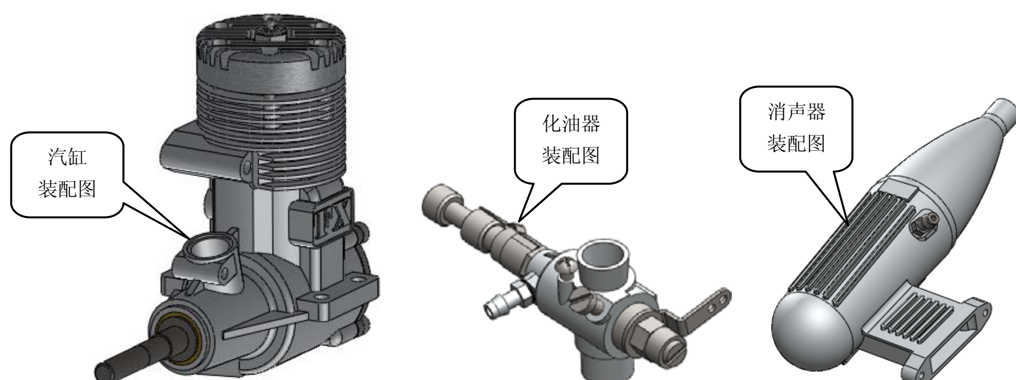


图 12-2　航模发动机的主要组成部分

其中，汽缸部分为发动机的主体，是燃料燃烧和产生动力的重要设备，其内部有活塞、连杆和曲轴等组成；化油器为将燃料雾化，并与空气按一定比例混合的设备，在航模中，实际上就是一个利用汽缸转动时的负压进行连续供油的装置；消声器也称为回油管，类似于摩托车的排气筒，有消声、谐振和回油等作用。

除了上面介绍的构成发动机主要功能的三个部分外，我们还将介绍与其连接的螺旋桨部分的创建，如图 12-3 所示。



图 12-3　航模发动机的螺旋桨部分



航模分电动式、内燃机式等多种类型，而内燃机式又可分为以甲醇为主要原料的甲醇机和以汽油为主要原料的汽油机，那它们都各有什么特点呢？发动机的 2 冲程、4 冲程，以及单缸和多缸又是什么意思呢？下面就来集中解释一下这些问题：

✧ 甲醇机和汽油机的区别：甲醇机以甲醇为主要燃料，特点是速度快，震动小，但是燃料比较贵，适合小型和中型航模飞机；汽油机以汽油为主要燃料，特点是速度稍慢、震动较大，但是油便宜，发动机较耐用，一般大型航模飞机使用。
✧ 2 冲程和 4 冲程的区别：所谓冲程是指活塞在汽缸中上行或下行一次的过程；冲程有 2 冲程和 4 冲程之分，2 冲程是指曲轴转一圈即可完成一个工作循环，也就是完成“吸气>压缩>做功>排气”过程，4 冲程发动机的特点是曲轴转两圈才完成一个工作循环，也就是“吸气>压缩>爆发>排气”过程。
✧ 单缸和双缸：所谓单缸和双缸，主要是指发动机中汽缸的数量，单缸就是只有一个汽缸，多缸就是有多个汽缸；航模中单缸发动机居多，当然也有双缸和多缸的，单缸耗油少，但是不如多缸发动机动力平稳，也不如多缸发动机马力大（摩托车通常为单缸，一般汽车都是 4 缸或 6 缸，部分高档车能到 16 缸）。

上述内容很多涉及内燃机的基础知识，此处只是略作解释，所以如果有需要在这方面进行深入研究的用户，请参考关于内燃机的专业书籍。

12.1.2 航模发动机设计思路

在正式进入航模发动机的设计之前，我们先来理清设计思路，明白需要设计的部件和本章的设计任务，以及所用到的特征。

本文将完成模型从建模、装配、工程图到渲染的大部分过程。在汽缸的建模过程中，根据汽缸的结构特点，我们将主要用到 SolidWorks 的基础建模工具。如图 12-4 所示为汽缸的分解示意图。

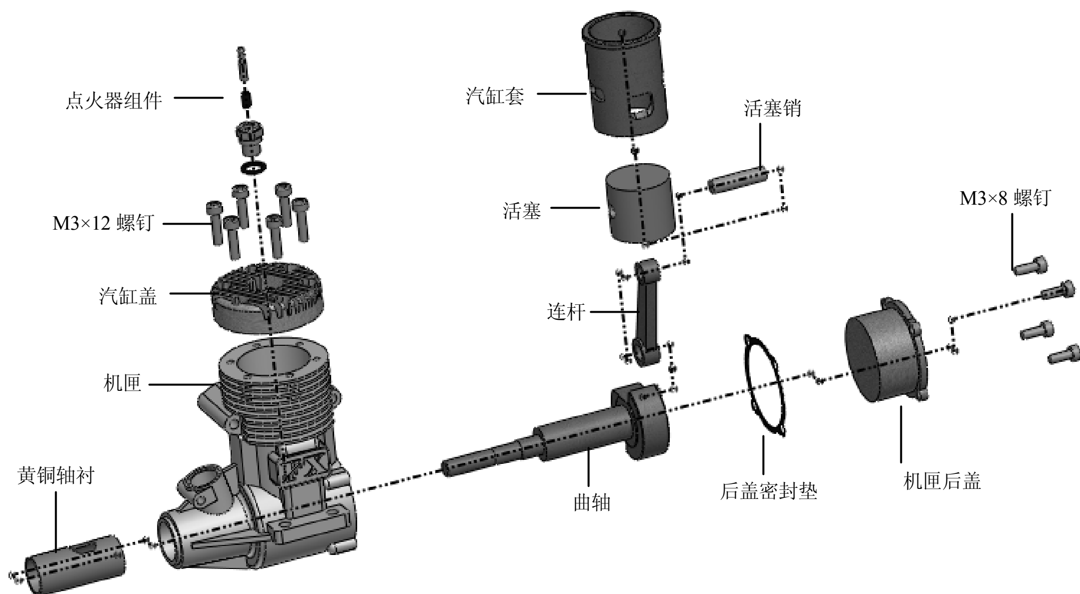


图 12-4　汽缸部分的分解示意图

发动机的消声器部分，因为消声器的腔体和底座处在不平行的多个平面上，所以将主要用到 SolidWorks 的基准特征，如基准面、基准点和阵列、镜像特征的使用等，如图 12-5 所示为消声器的分解示意图。

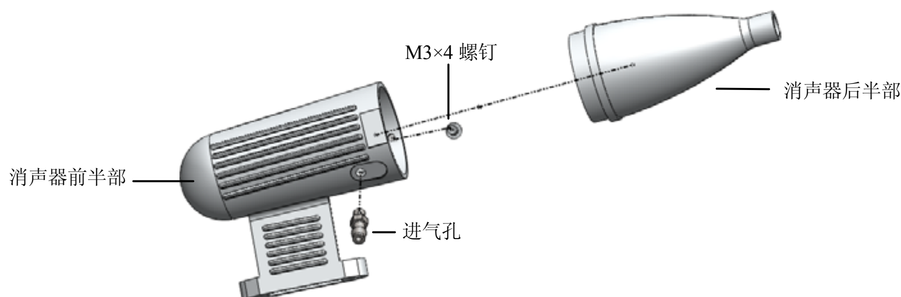


图 12-5　消声器的分解示意图

发动机的化油器部分，将主要用到钣金特征，如图 12-6 所示为化油器的分解示意图。而发动机的螺旋桨部分将主要用到曲面特征。

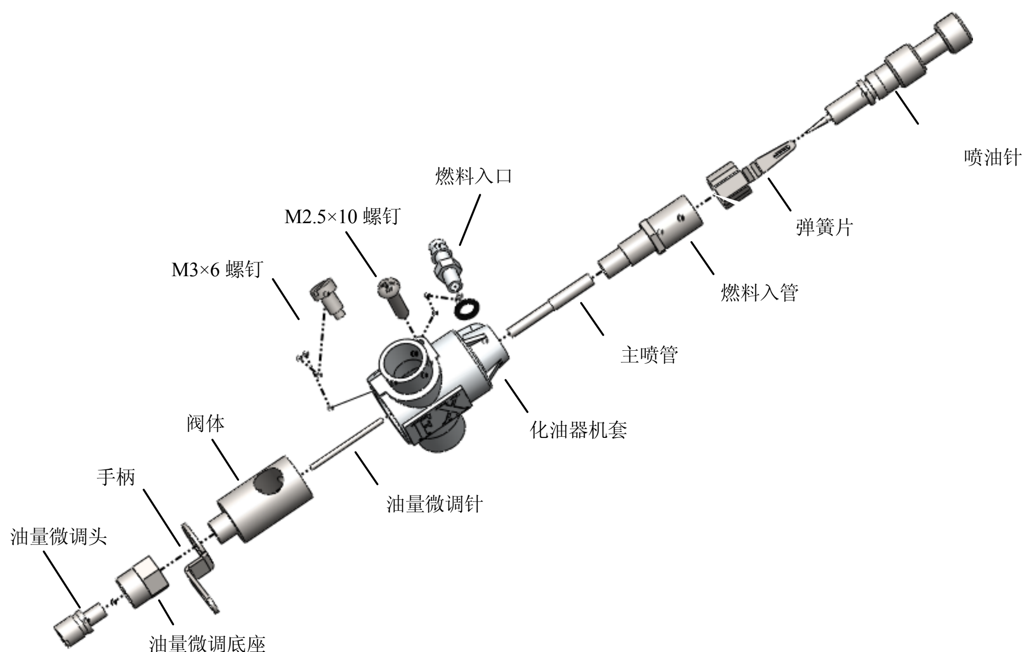


图 12-6　化油器的分解示意图

在建模完成后，本文还将讲解模型装配的过程，在装配时，也将分汽缸、消声器、化油器和螺旋桨四个分部分装配，然后再进行总装，如图 12-7 所示。

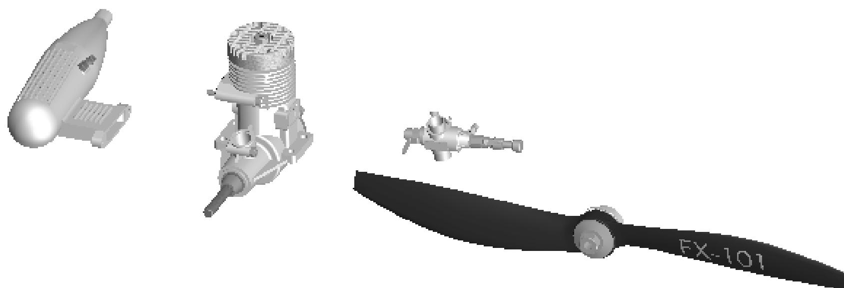


图 12-7　发动机分装图

此外，在完成发动机装配后，还将创建部分模型工程图和总装工程图，并讲解创建渲染效果图的操作，下面开始正式的创建操作。

12.2　航模发动机的主要设计过程

本节讲解航模发动机的关键建模过程。由于涉及零件较多，且有些零件较复杂，所以不能一一详细讲解，而只对一些较关键的、不易创建，或涉及知识点较多的部分进行重点讲解，所以有不够明白的地方，请参看本书附带的素材文件。

12.2.1 汽缸的建模关键

本节讲解汽缸组件中重要组件“机匣”和“曲轴”（图 12-8）的创建过程，其他组件由

于结构较简单，此处只略作说明。

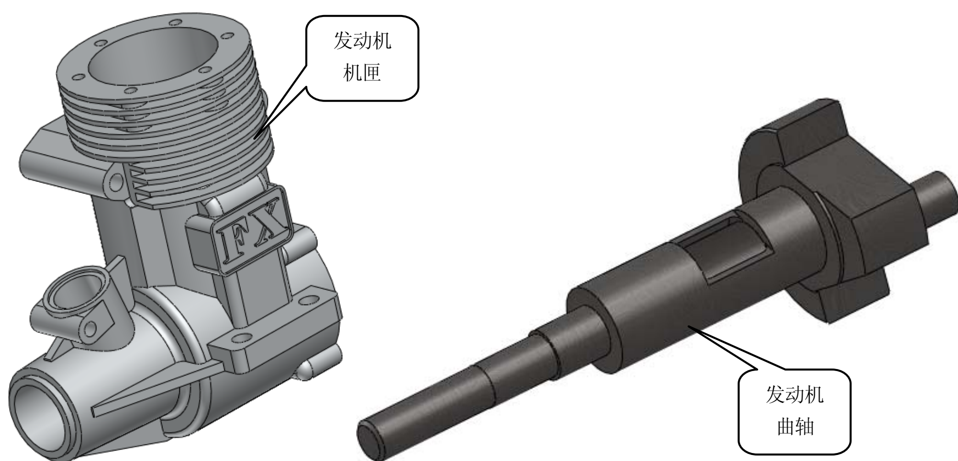


图 12-8 要创建的“机匣”和“曲轴”三维效果图

创建“机匣”的关键操作步骤

“机匣”的结构较复杂，创建的关键是把握特征的先后次序，这样才能令模型即规范又有条不紊，具体操作步骤如下。

STEP 1 首先使用旋转、拉伸和圆角特征创建“机匣”的底部主体，如图 12-9 所示。

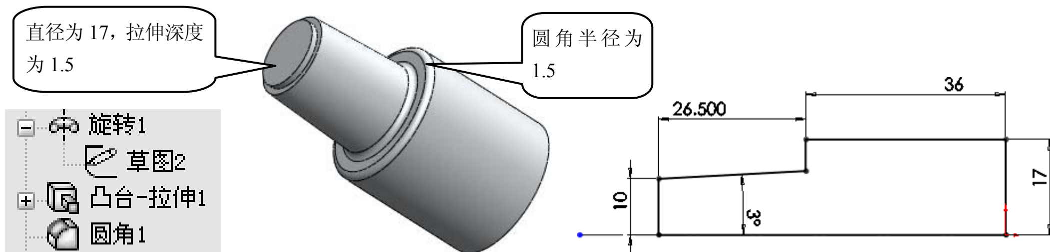


图 12-9 创建机匣的底部主体

STEP 2 通过创建基准面，再在基准面上创建草图，并向实体面拉伸方式创建模型的固定板，如图 12-10 所示（进行圆角处理后，镜像出另外一侧即可，“基准面 1”离系统基准面的距离为 25，圆角半径为 2）。

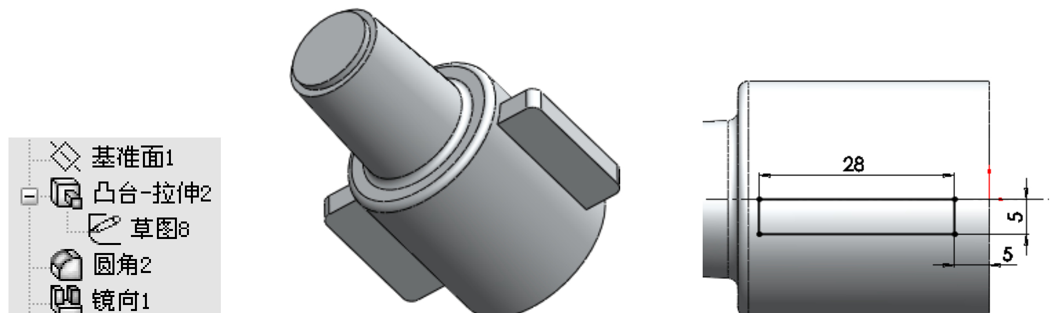


图 12-10 创建模型的固定板



STEP 3 使用三次筋特征创建“机匣”的三个加强筋，如图 12-11 所示。

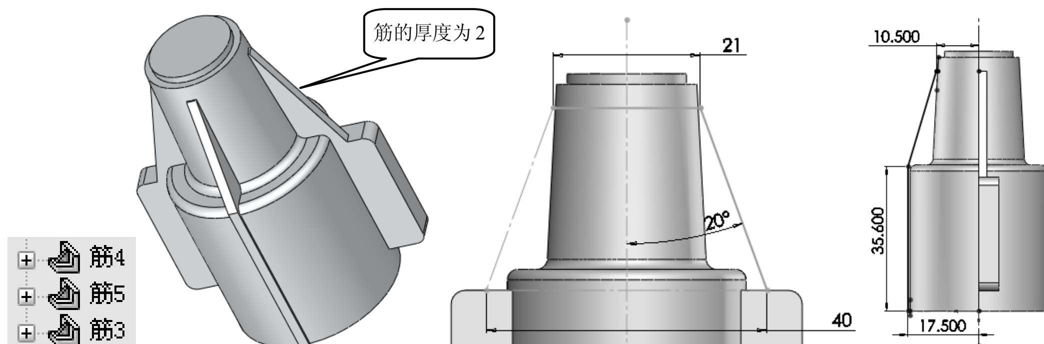


图 12-11　创建“机匣”的加强筋

STEP 4 使用拉伸、圆角和镜像特征创建“机匣”上用于固定机匣后盖的四个固定柱，如图 12-12 所示（其中圆角半径为 2.2）。

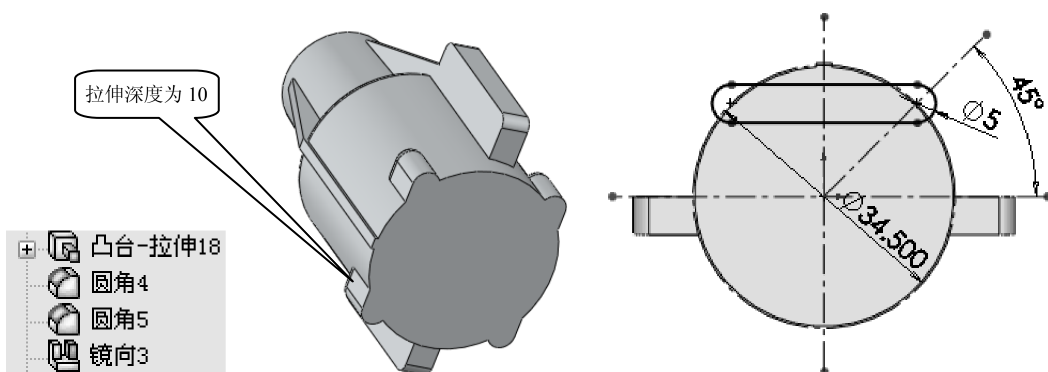


图 12-12　创建“机匣”的四个固定柱

STEP 5 拉伸出“机匣”的上半部分，如图 12-13 所示（拉伸距离为 57）。

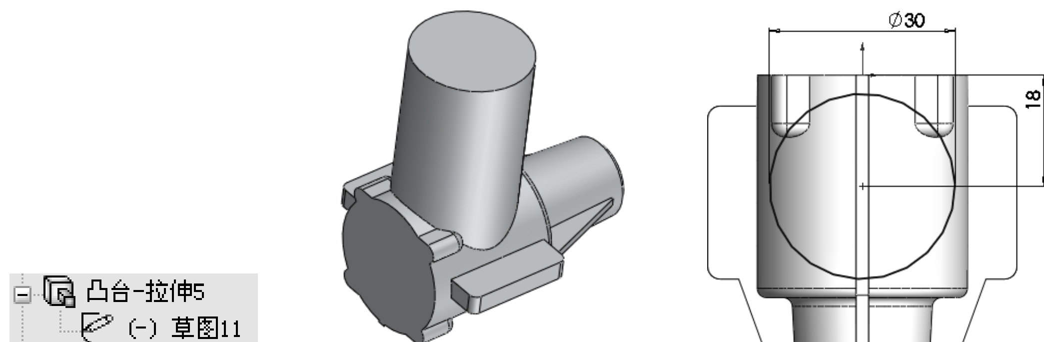


图 12-13　拉伸出“机匣”的上半部分

STEP 6 使用创建的离原系统默认的水平面 44.5 的基准面，拉伸出汽缸上半部分的三个加强筋，如图 12-14 所示。

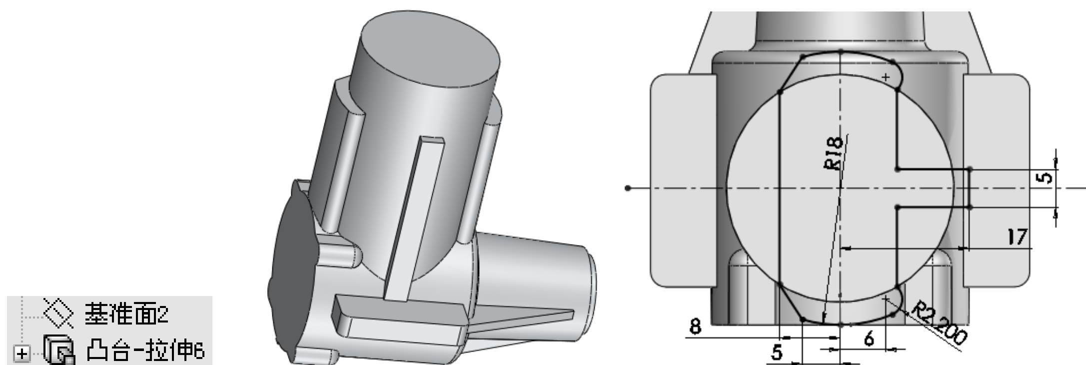


图 12-14　创建“机匣”上部加强筋

STEP 7 创建竖向经过“机匣”圆柱中心的基准面，并使用拉伸特征创建其上部的另外一个加强筋，如图 12-15 所示（创建完成后进行圆角处理，圆角半径为 2）。

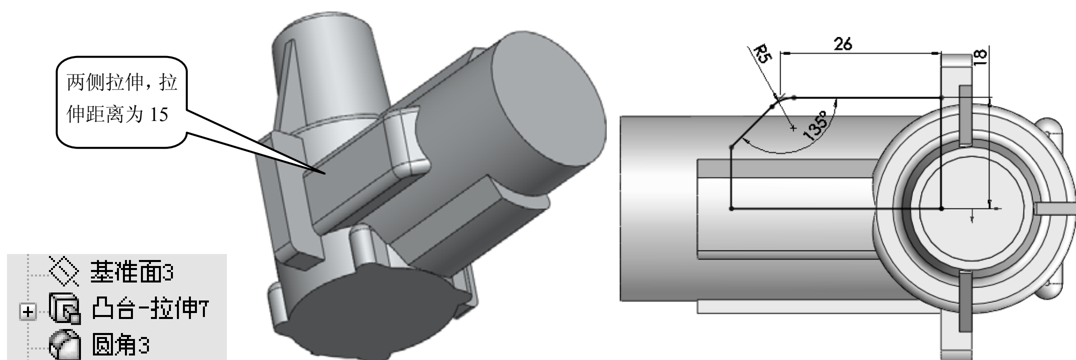


图 12-15　创建“机匣”的另一个加强筋

STEP 8 使用拉伸和阵列特征创建汽缸的散热片，如图 12-16 所示（其中散热片直径为 38，此外由于考虑到后面创建其他特征的需要，最后一个散热片必须单独创建）。

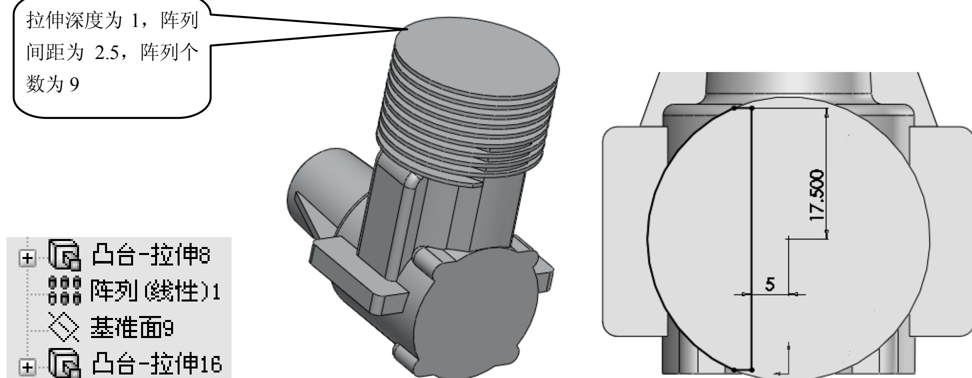


图 12-16　创建汽缸的散热片

STEP 9 创建离原系统默认的侧平面 18.5 的基准面，拉伸出“机匣”侧面标注文字的位置，如图 12-17 所示（拉伸切除的边框离拉伸边框的距离为 0.5，拉伸切除的深度

为 0.6）。

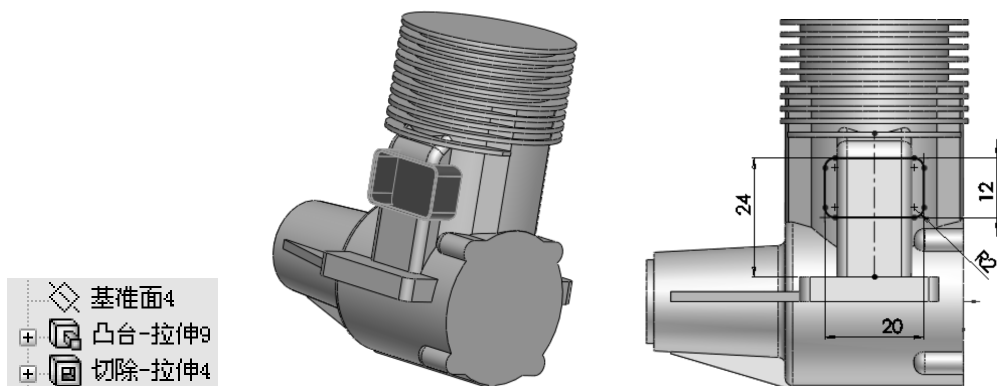


图 12-17　创建“机匣”侧面文字标注平台

STEP 10 使用创建的离原系统默认的侧平面 20 的基准面，拉伸出汽缸上半部分的出气口部分实体，如图 12-18 所示（拉伸距离为 24）。

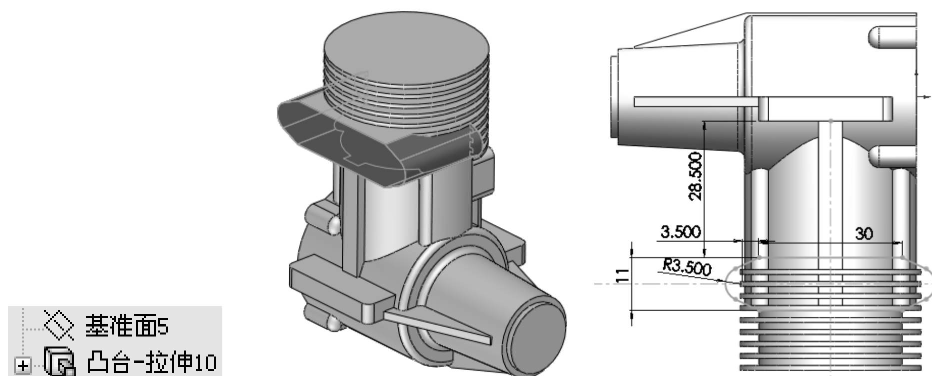


图 12-18　创建“机匣”出气口

STEP 11 使用切除拉伸特征对机匣上部两侧的散热片沿着出气口后部位置进行修剪，如图 12-19 所示。

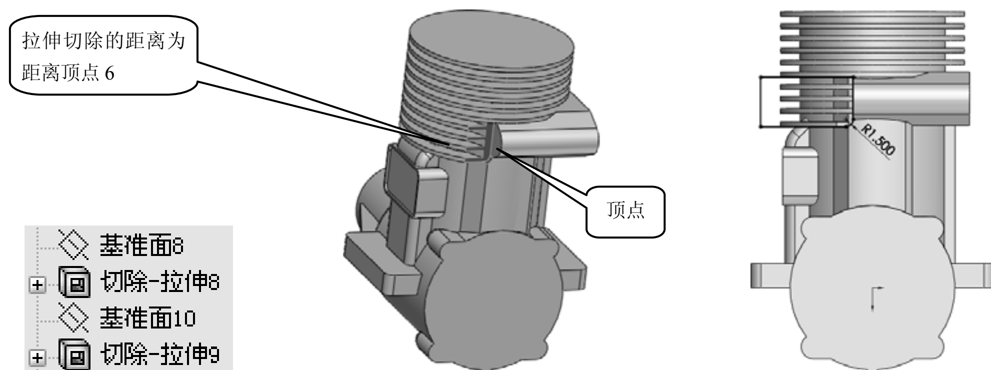


图 12-19　修剪散热片

STEP 12 使用拉伸和切除拉伸特征创建机匣的前部凸起，如图 12-20 所示。

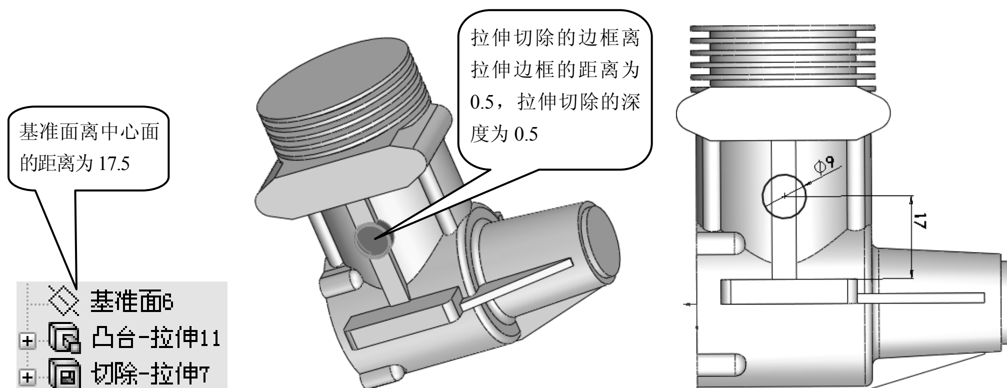


图 12-20　创建前部凸起

STEP 13 使用筋特征创建机匣的另外一条加强筋，如图 12-21 所示。

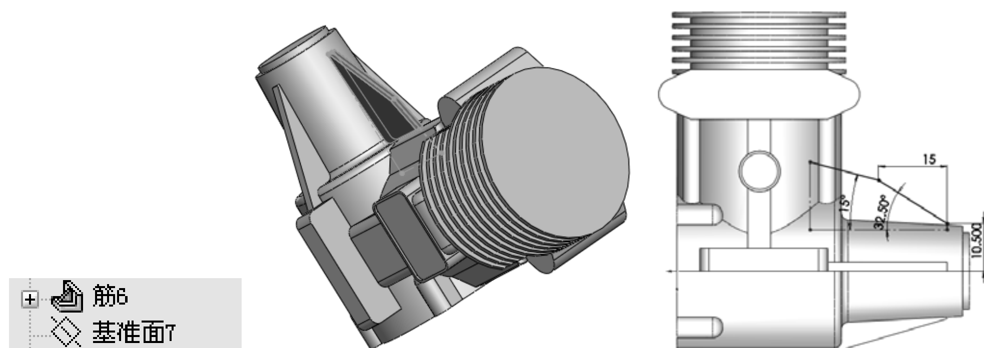


图 12-21　创建机匣的另外一条加强筋

STEP 14 在离步骤 13 创建的筋 1.75 处创建基准面，并使用拉伸特征创建机匣进油口处的实体，如图 12-22 中图所示，并再次使用拉伸特征拉伸出其前部的固定凸台，如图 12-22 右图所示。

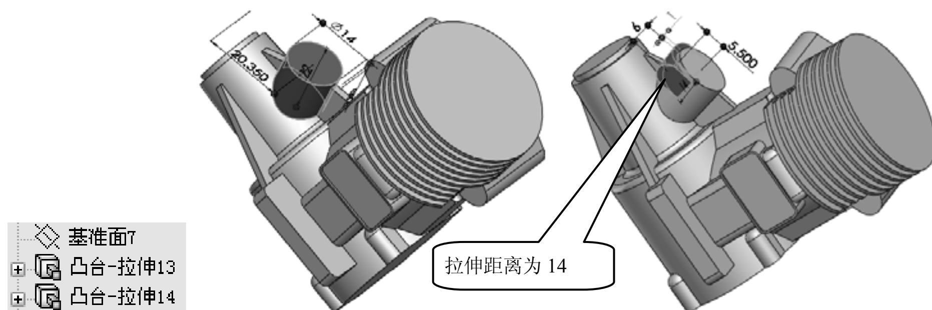


图 12-22　创建进油口

STEP 15 使用切除拉伸特征创建机匣内的各个腔，并创建多个螺栓孔，如图 12-23 所示。

STEP 16 使用切除拉伸特征和拔模特征创建汽缸出气孔处的孔洞，如图 12-14 所示。其中拔模的斜度为 20°。

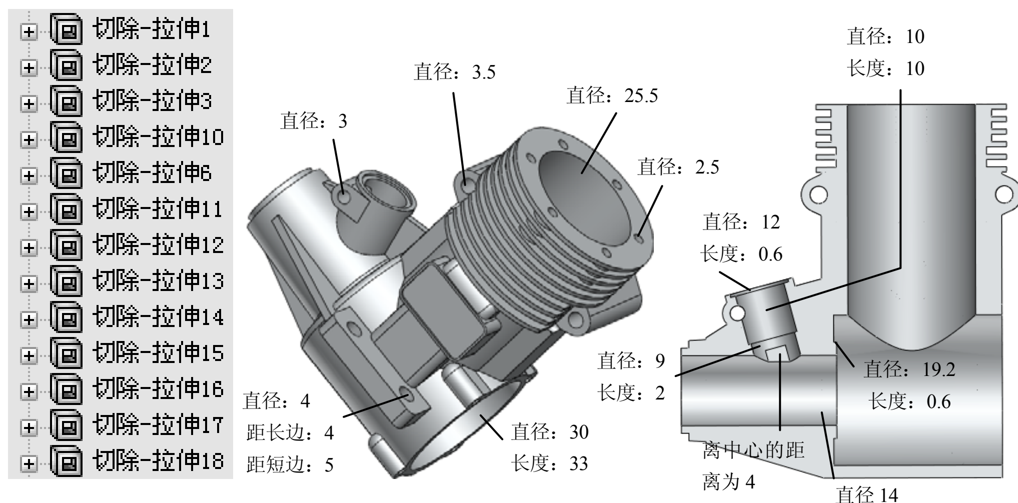


图 12-23　创建腔体和螺栓孔

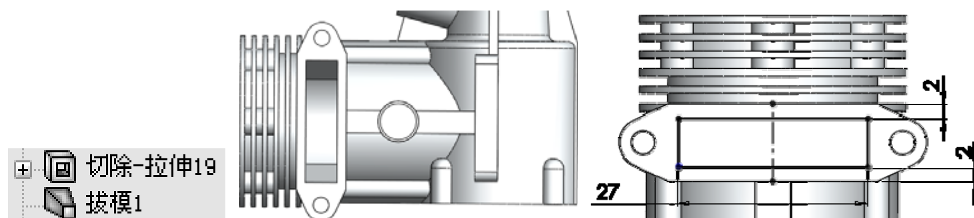


图 12-24　创建出气孔

STEP 17 在离机匣上部 70 的处拉伸出一实体，进行圆角处理后（拉伸深度为 11），将其向下移动 96，再用其删减机匣实体，如图 12-25 所示。

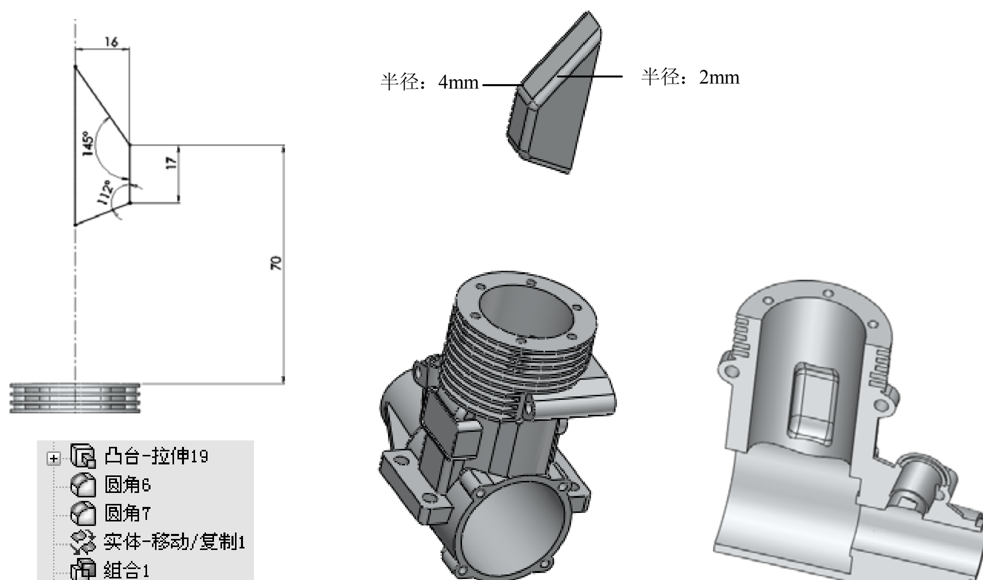


图 12-25　创建实体并使用其组合机匣实体 1

STEP 18 通过与步骤 17 相同的操作创建实体块（实体块的拉伸深度为 24），并以其为工具对机匣进行删减，如图 12-26 所示。

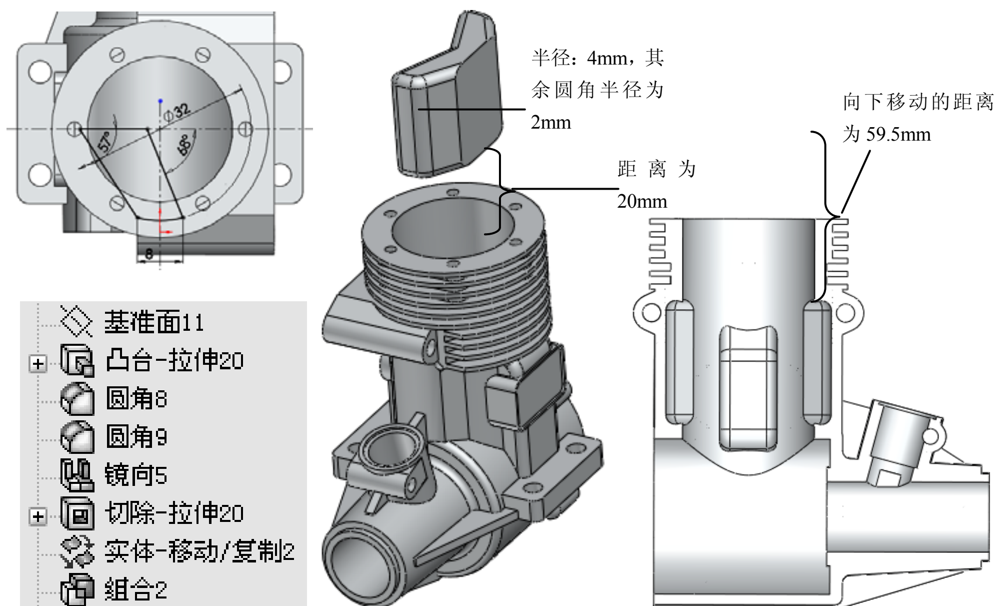


图 12-26 创建实体并使用其组合机匣实体 2

STEP 19 使用字体工具创建 FX 字体，并将其拉伸到机匣上用于放置产品标志的平台上（字体高度为 0.6），如图 12-27 所示，完成机匣的创建。

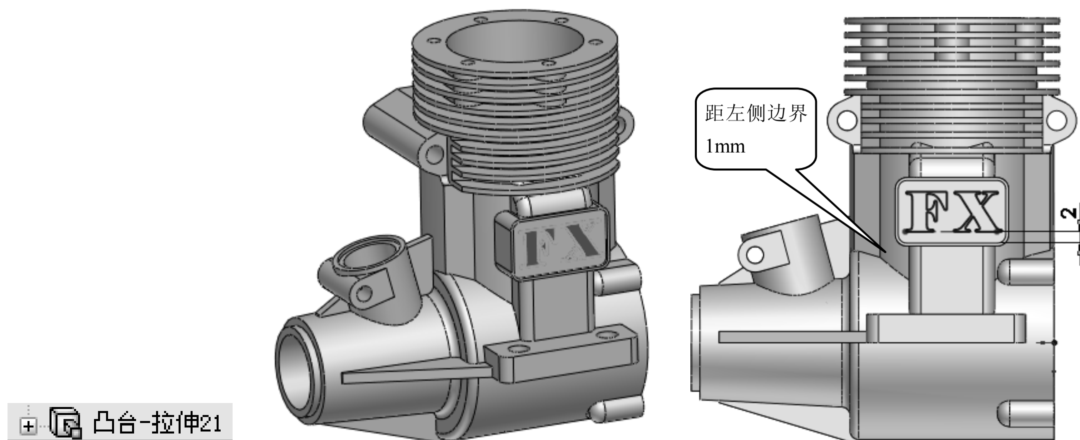


图 12-27 创建进油口

创建“曲轴”的关键操作步骤

“曲轴”结构较简单，使用拉伸、孔、倒角和切除拉伸特征即可顺利创建，具体操作步骤如下。

STEP 1 使用拉伸特征和孔特征创建曲轴的基体，如图 12-28 所示。

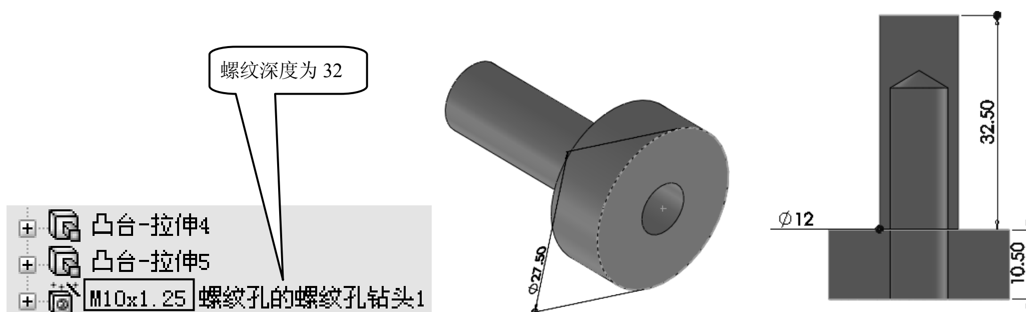


图 12-28　拉伸出曲轴的基体

STEP 2 通过数次切除拉伸操作，切除出曲轴上的孔，以及曲轴的飞轮组，如图 12-29 所示，其中进油孔离飞轮的端面距离为 7.5，切除长度为 10.5。

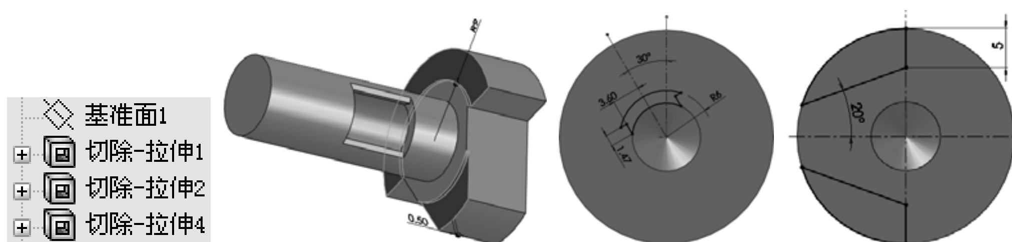


图 12-29　创建进油口

STEP 3 通过数次拉伸操作创建“曲轴”的滚动轴，如图 12-30 所示，其中与连杆链接的转动轴的长度为 6。

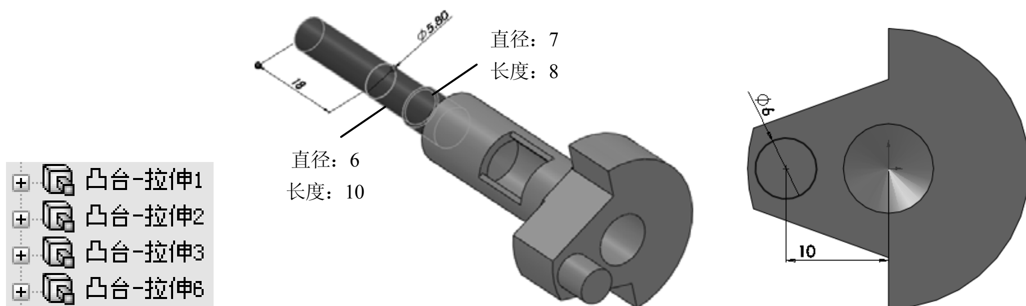


图 12-30　创建多个轴

STEP 4 通过数次倒角操作创建曲轴的倒角完成操作，如图 12-31 所示。

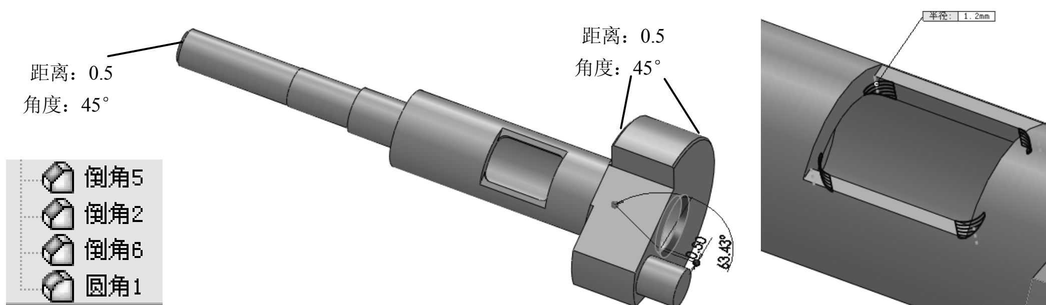


图 12-31　进行倒角处理

汽缸中的其他部件，仅有汽缸盖和汽缸套较为复杂，不过通过旋转和切除拉伸等基础特征也可轻松创建，如图 12-32 所示。至于其他部件则结构更加简单，所以此处不再一一讲解，详细创建方法可参考本书提供的素材文件。

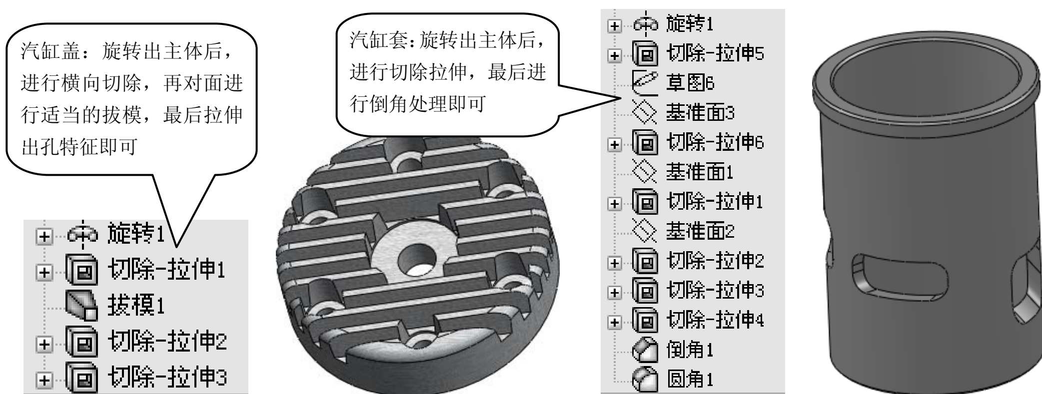


图 12-32　汽缸盖和汽缸套的特征设计树

12.2.2 消音器建模关键

在前面 12.1.2 中，我们已经介绍过消音器主要有四个部分组成，其中消音器的前半部分，结构较复杂，所以此处我们讲一下其建模的关键操作步骤。

STEP 1 首先在上视基准面中拉伸出模型与机匣连接的台座，如图 12-33 所示。

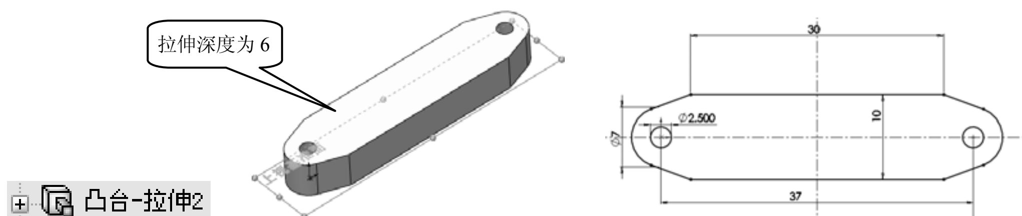


图 12-33　创建台座

STEP 2 通过创建辅助基准面的方式，在台座的上部拉伸出一拔模圆柱体，作为消声器的烟道，如图 12-34 所示。其中圆柱体的直径为 34，长度为 75，拔模角度为 2°。

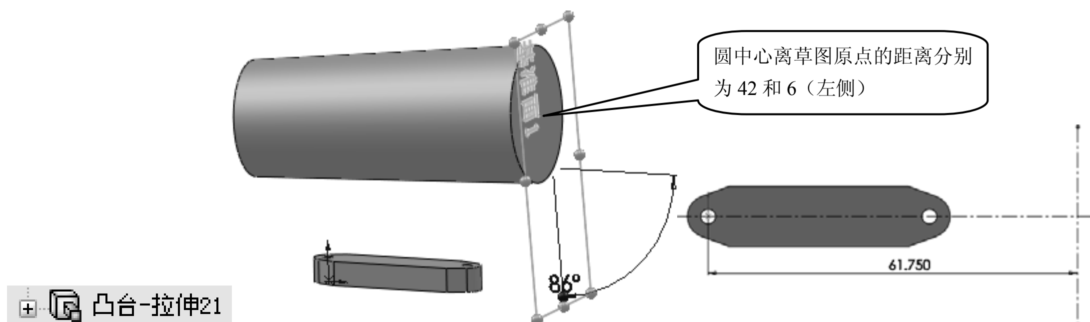


图 12-34　创建烟道实体

STEP 3 通过拉伸和镜像的方式创建烟道外的散热片，并对部分面进行圆角处理，圆角半径为 0.5，如图 12-35 所示。

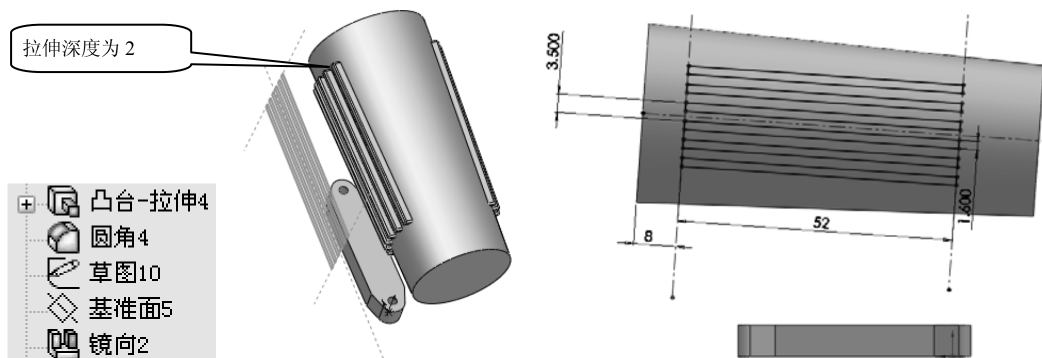


图 12-35　创建散热片

STEP 4 首先执行旋转切除操作，然后通过创建辅助线的方式创建辅助基准面，再在基准面上创建草绘制图形，然后沿着辅助线拉伸出进气孔平台，如图 12-36 所示。

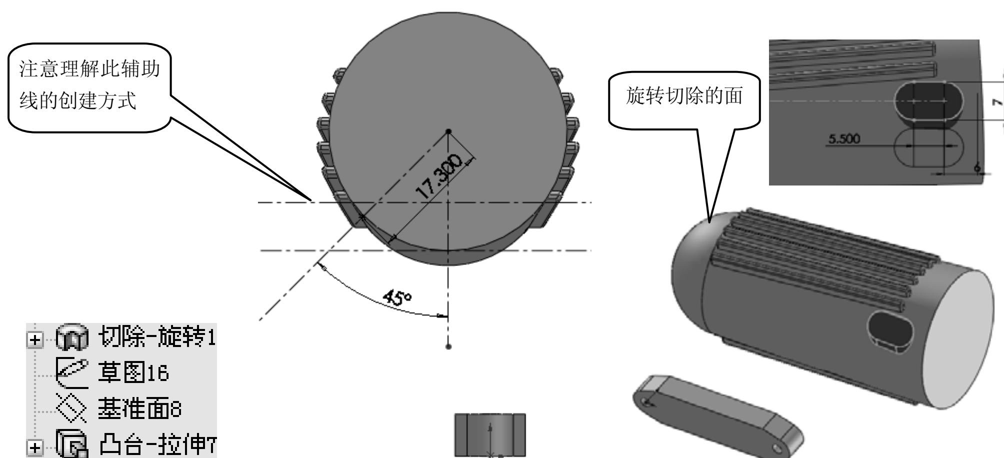


图 12-36　创建进气孔

STEP 5 再通过创建辅助基准面的方式创建消声器前后部的螺钉固定孔，如图 12-37 所示，固定孔平面离圆柱中心点的距离为 17。

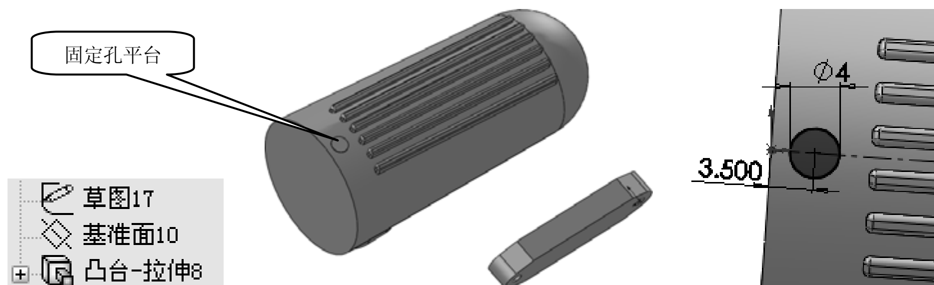


图 12-37　创建固定孔平台

STEP 6 使用切除拉伸和抽壳工具对圆柱体进行抽壳处理，如图 12-38 所示，壳体厚度为 2。

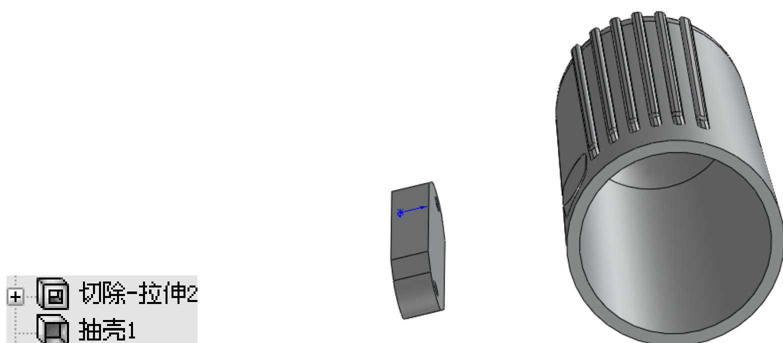


图 12-38　对消声器进行抽壳处理

STEP 7 拉伸出台座与圆柱体间的实体，如图 12-39 所示，并进行圆角处理。

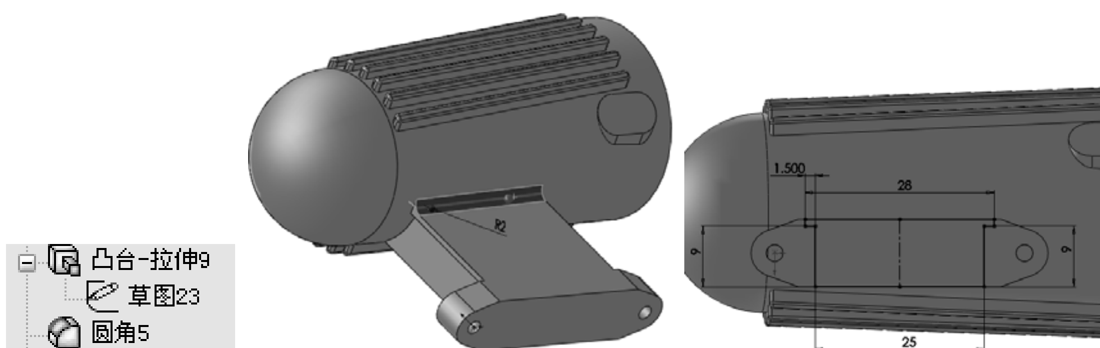


图 12-39　创建台座与圆柱间的实体

STEP 8 在步骤 7 拉伸出的实体上创建散热片（需进行圆角处理，圆角半径为 0.8，及镜像操作），如图 12-40 所示。

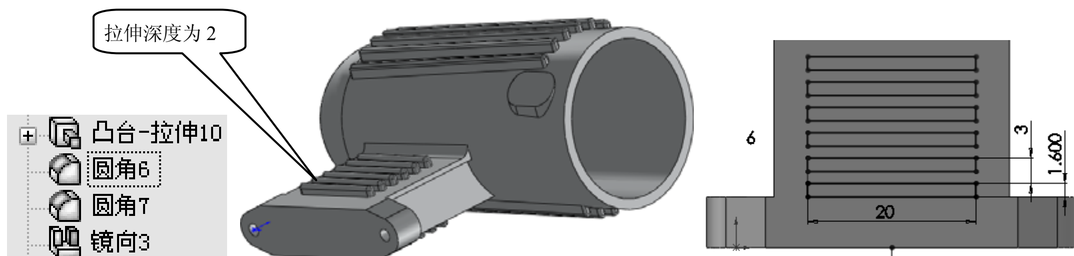


图 12-40　创建散热片

STEP 9 通过多次切除操作，在消音器上创建烟道及多个螺栓孔，完成消音器后部零件的创建，如图 12-41 所示。

消音器的其他部分都可通过旋转和拉伸切除等特征得到，如图 12-42 所示，此处不再一

一叙述其创作方法。

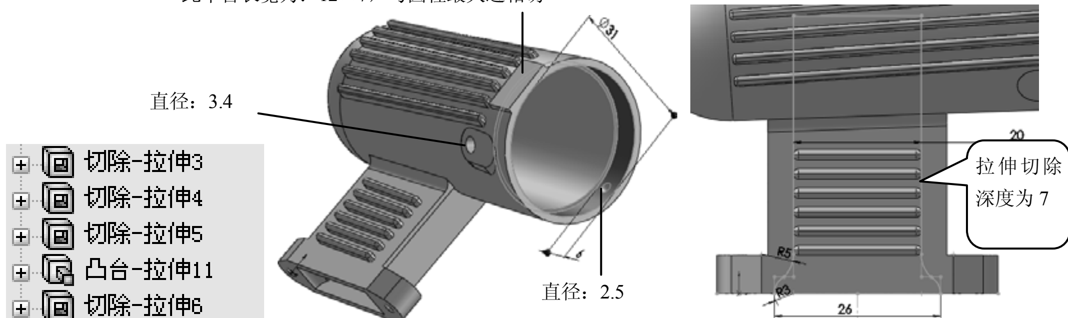


图 12-41　创建多个孔

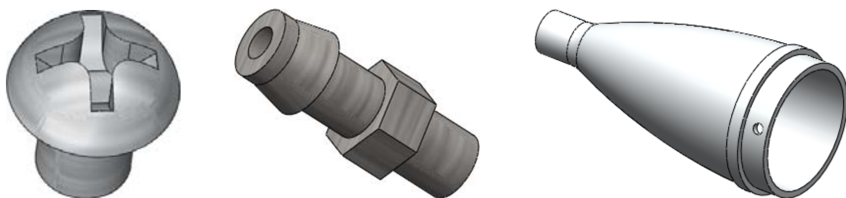


图 12-42　消音器的其他部分

12.2.3 化油器建模关键

化油器中的“机套”是化油器组件中较为复杂的零件，如图 12-43 所示，但是由于其创建方法与前面讲述的“机匣”的创建操作基本类似，所以此处不再对其着重讲解。而此节将着重讲一下使用钣金特征创建其手柄和弹簧片（图 12-44）的操作。



图 12-43　化油器机套的设计树和其实体效果图



图 12-44　手柄和弹簧片的模型效果

STEP 1 先来创建手柄。通过绘制草图的方式创建基体法兰，如图 12-45 所示，基体法兰的厚度为 0.8。



图 12-45 创建基体法兰

STEP 2 使用孔工具为基体法兰添加三个孔，如图 12-46 中图所示，并使用“转折”钣金特征，为模型添加转折即可（转折的高度为 5，转折位置为“材料在内”，转折角的半径为 0.4），如图 12-46 所示，完成手柄半径的创建。

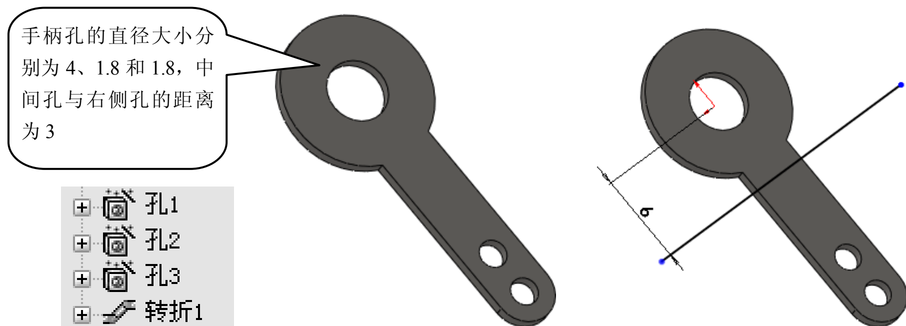


图 12-46 创建孔和转折特征

STEP 3 新建一零件类型的文件，下面开始创建“弹簧片”。同样首先创建基体法兰，如图 12-47 所示。

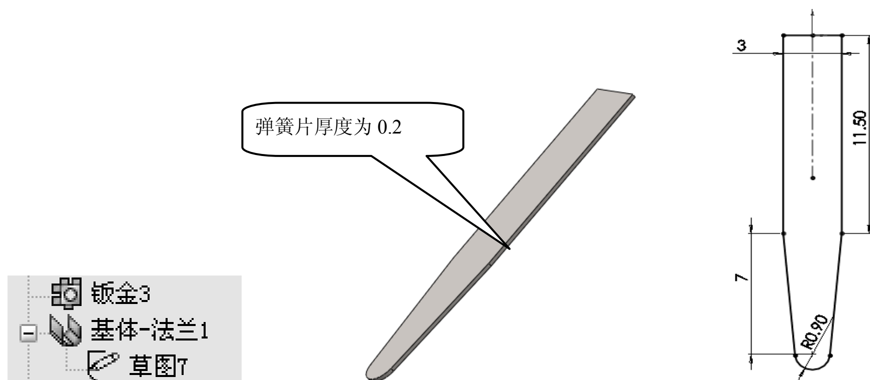


图 12-47 创建基体法兰

STEP 4 使用拔模拉伸和拔模切除拉伸出弹簧片末端的卡扣，如图 12-48 所示（拔模的角度为 60°，拉伸深度为 0.2）。

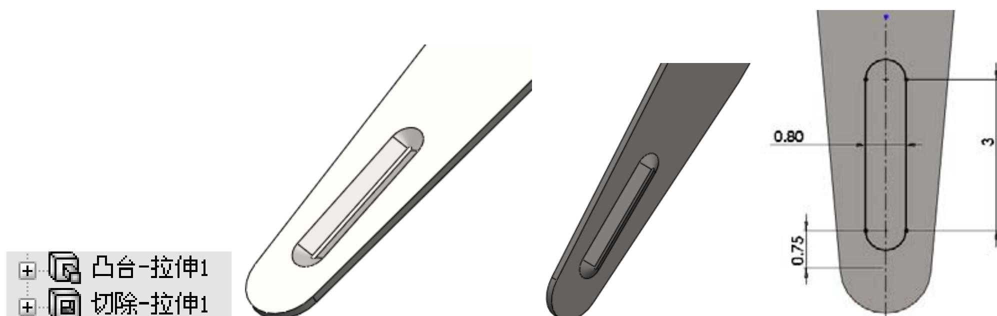


图 12-48 创建拉伸特征及切除拉伸特征

STEP 5 使用绘制的折弯特征创佳弹簧片的折弯，如图 12-49 所示（折弯的角度为 40°、80°和 40°，折弯半径为 0.4）。

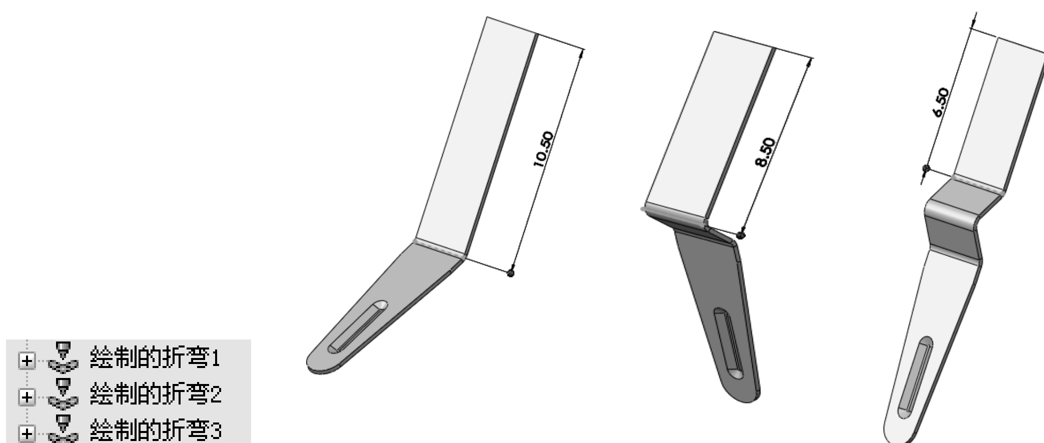


图 12-49 创建折弯

STEP 6 在弹簧片的宽边处创建两个边线法兰，法兰的折弯半径为 0.2，法兰长度为 1.6，法兰角度为 49.5°，如图 12-50 所示。

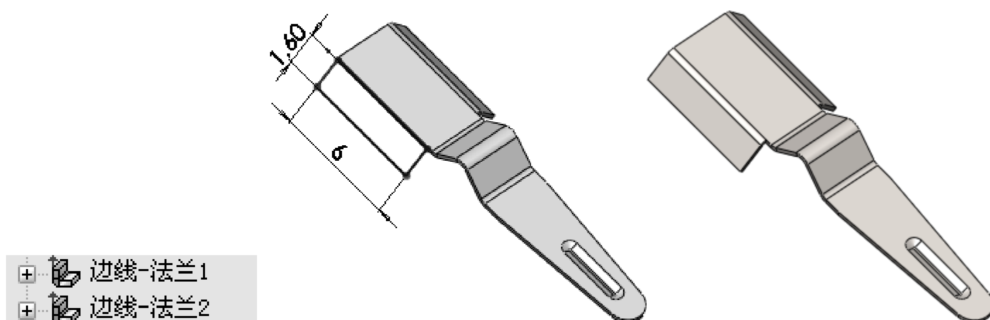


图 12-50 创建边线法兰

STEP 7 最后沿着创建的边线法兰再创建两个对称的褶边，褶边角度为 120°，褶边半径为 3.5，完成弹簧片的创建，如图 12-51 所示。



图 12-51 创建褶边

关于化油器中其他模型的创建，请参考本书提供的素材文件。

12.2.4 螺旋桨建模关键

螺旋桨的建模关键是应灵活掌握应用曲线建立曲面的方法，下面看一下操作。

STEP 1 首先打开本书提供的素材文件 12-2-4.SLDPRT，如图 12-52 左图所示，然后在上视基准面中创建一直径为 26，对称延伸长度为 30 的曲面，如图 12-52 右图所示。

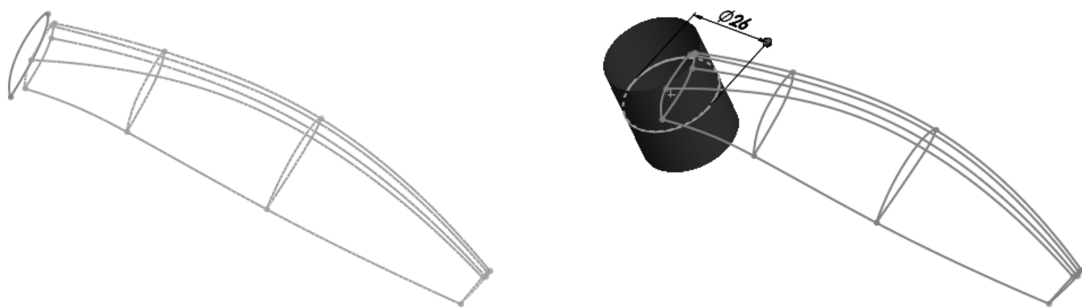


图 12-52 拉伸出中心的圆柱面

STEP 2 使用曲面放样工具，分别选中素材中提供的三维曲线，创建螺旋桨桨面的曲面，如图 12-53 所示。

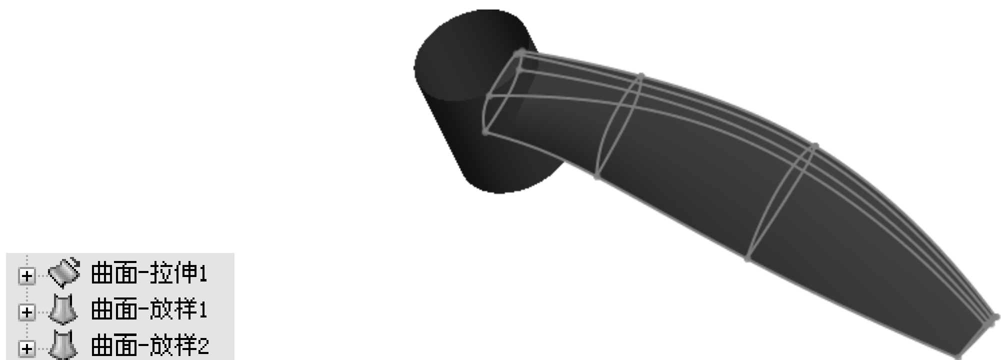


图 12-53 创建螺旋桨桨面

STEP 3 使用边界曲面工具创建螺旋桨的末端的端面曲面，如图 12-54 中图所示，然后再使用曲面剪裁工具，以直径 44 的圆对螺旋桨曲面进行修剪，如图 12-54 所示。

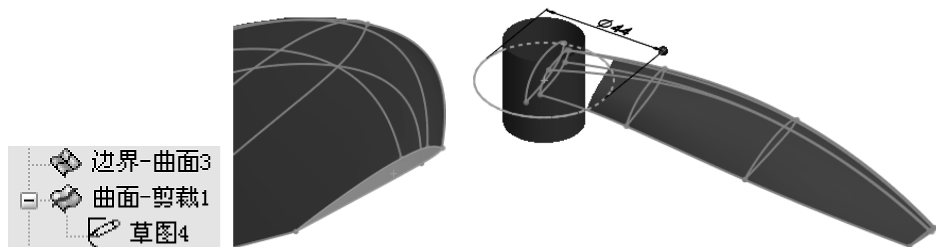


图 12-54　执行边界曲面操作和剪裁操作

STEP 4 使用素材文件中提供的草绘图形对步骤 1 中创建的圆柱面进行分割，并使用删除面工具将分割的部分删除，如图 12-55 所示。

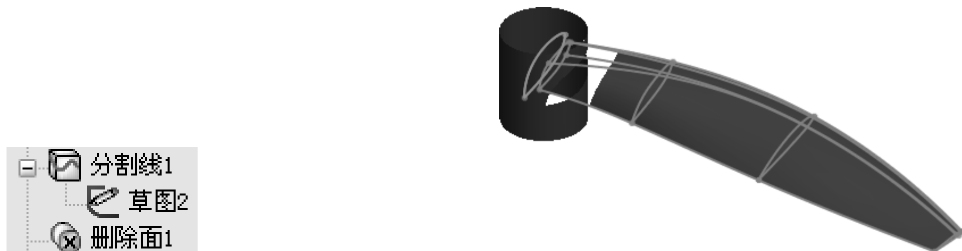


图 12-55　使用分割线分割出圆柱面上的空洞

STEP 5 使用边界曲面工具连接桨面曲线与圆柱面的缺口边线，然后将螺旋桨曲面缝合并进行旋转移动复制操作，复制出螺旋桨的另一个桨面，如图 12-56 所示。

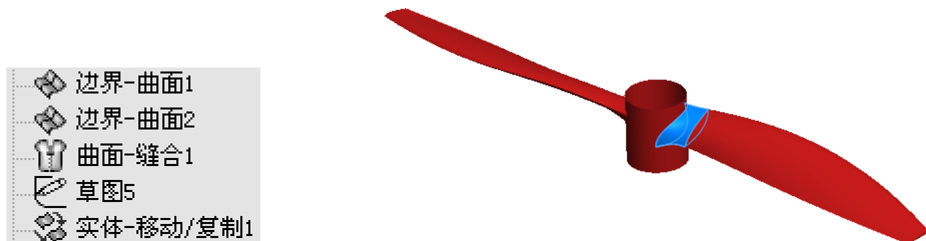


图 12-56　连接曲面并执行移动复制操作

STEP 6 使用复制的面对中间的圆柱面执行剪裁操作，然后缝合当前视图中的所有面，如图 12-57 所示。



图 12-57　执行裁剪和缝合操作

STEP 7 在上视基准面中创建一个“平面区域”平面，并使用此平面对前面步骤中创建的曲面进行修剪，注意保留平面区域的底部平面，如图 12-58 所示。

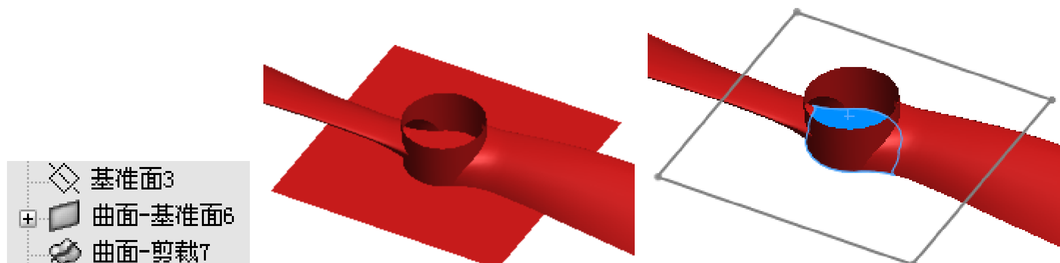


图 12-58　创建平面区域并使用其执行剪裁操作

STEP 8 通过同样操作，在离上视基准面 9.7 处创建基准面，并使用此基准面执行剪裁操作，然后使用“平面区域”曲面工具将模型的上部封闭，如图 12-59 所示。

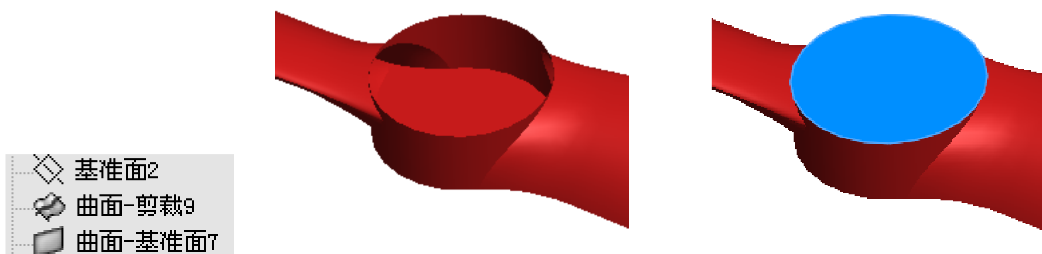


图 12-59　执行剪裁操作并创建顶部平面曲面

STEP 9 最后缝合模型所有面，并尝试生成实体，然后对模型执行倒圆角操作（圆角半径为 0.8），及切除拉伸操作（切除拉伸的直径为 7），再使用文字工具和拉伸工具拉伸出到模型表面距离为 0.2 的文字即可，如图 12-60 所示。



图 12-60　形成实体并执行到圆角和字体拉伸操作

关于螺旋桨部件中其他模型的创建，请参考本书提供的素材文件。

12.3　航模发动机的装配

本节讲述航模发动机的装配操作，将首先讲述汽缸装配、消音器装配、化油器装配这三

个子装配的操作方法，然后讲述模型的总装配操作。螺旋桨的装配被归属于总装配中，装配完毕后将讲解汽缸子装配爆炸视图的创建方法。下面看一下各部分的操作。

12.3.1 汽缸装配

下面看一下发动机汽缸部分的子装配操作，具体如下。

STEP 1 新建一装配体文件，单击“浏览”按钮，打开“机匣.SLDPRT”文件，并默认设置其位置为固定，然后导入“黄铜轴衬.SLDPRT”文件，使用两个“同心”配合将其装配到机匣的相应位置，如图 12-61 所示。

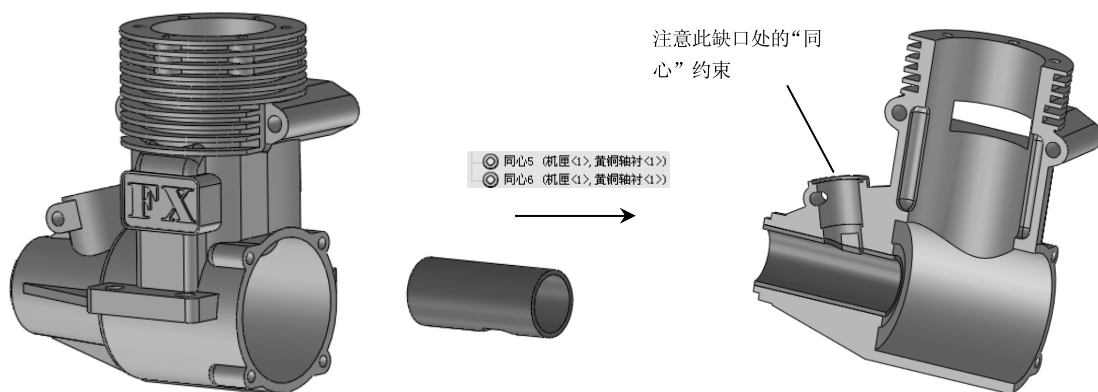


图 12-61　导入机匣并装配“黄铜轴衬”

STEP 2 导入“曲轴.SLDPRT”文件，使用“同心”和“重合”配合将其装配到机匣的相应位置，如图 12-62 所示。

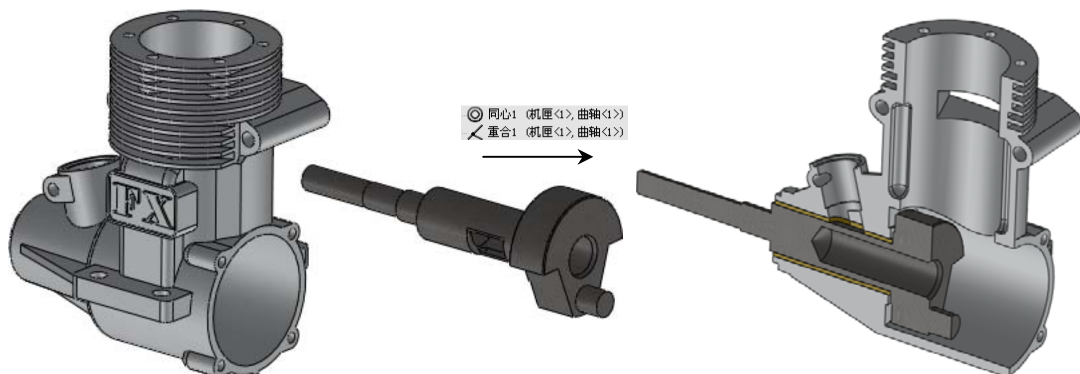


图 12-62　导入曲轴并进行装配

STEP 3 导入“汽缸套.SLDPRT”文件，使用“同心”“重合”和“平行”配合将其装配到机匣的相应位置，如图 12-63 左图所示，然后导入“活塞.SLDPRT”和“活塞销.SLDPRT”，使用“同心”和“距离”约束将其装配到一起，如图 12-63 右图所示。

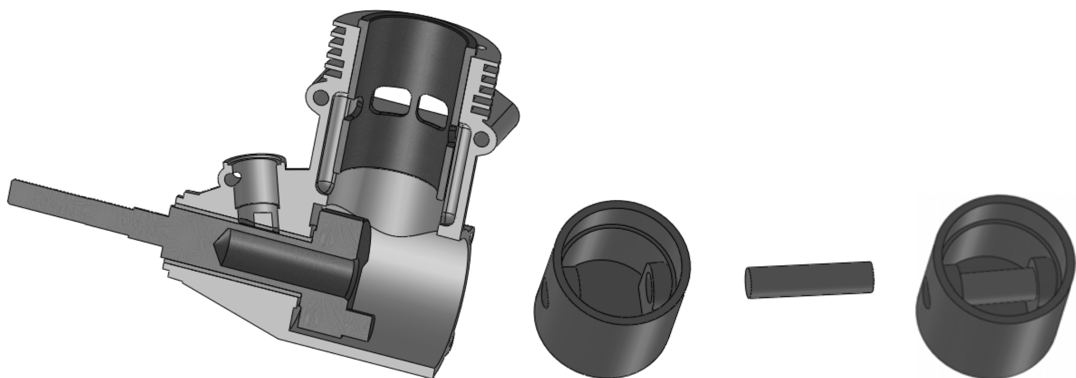


图 12-63　导入汽缸套和活塞并进行装配

STEP 4 导入“连杆.SLDPRT”文件，使用相应配合将其与活塞一起装配到机匣的相应位置，如图 12-64 左图所示，再导入“后盖密封垫.SLDPRT”和“机匣后盖.SLDPRT”文件，将其装配到机匣的后盖位置上，如图 12-64 右图所示。

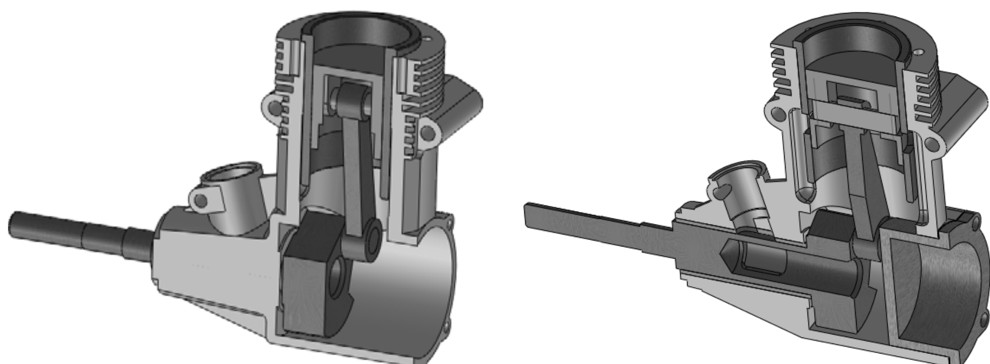


图 12-64　导入连杆并进行装配

STEP 5 导入“汽缸盖.SLDPRT”文件，将其装配到机匣的相应位置，再导入“点火器”的各个文件，首先将其单独装配起来，然后作为整体装配到机匣上，如图 12-65 所示。

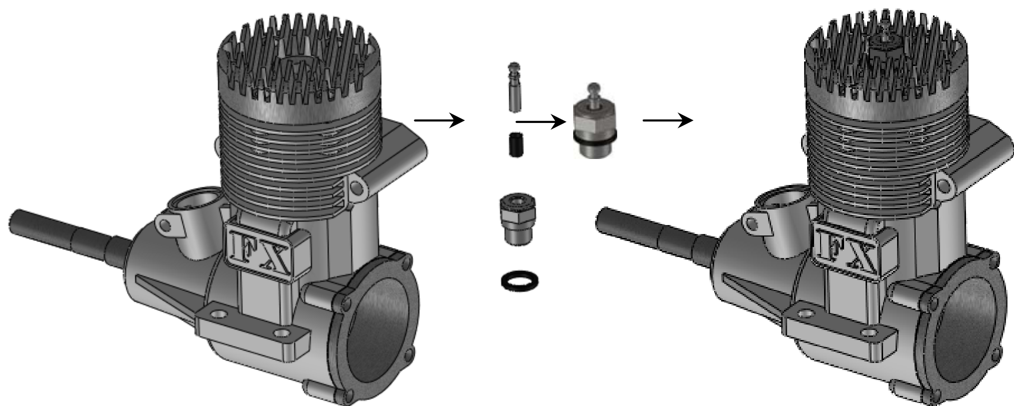


图 12-65　导入汽缸盖和点火器组件并进行装配

STEP 6 最后导入螺钉，将其装配到机匣的相应位置，并使用阵列特征阵列出需要的数量即可，如图 12-66 所示。

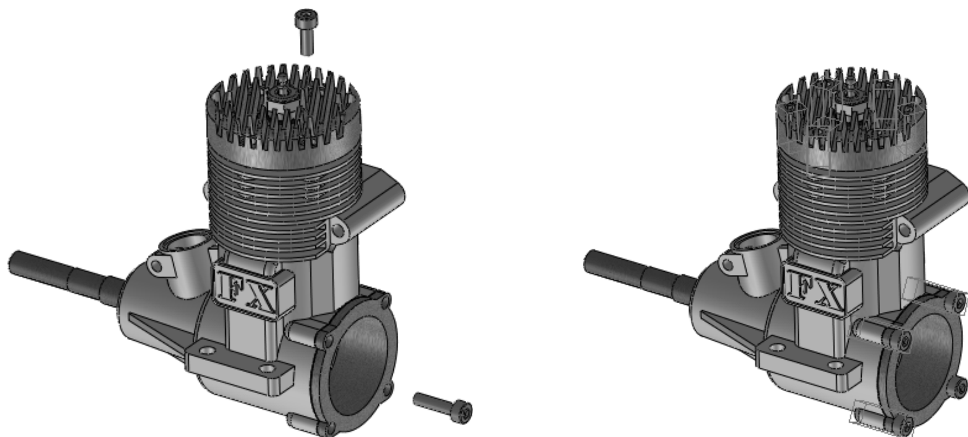


图 12-66　导入螺栓并进行阵列装配

12.3.2 消音器装配

消音器的结构非常简单，只有四个零件组成，所以其装配也非常简单，首先导入“消音器前半部分.sldprt”文件，令其处于固定位置，然后顺次导入各零件，使用“同心”和“配合”约束即可完成装配，只是在装配时应注意令消音器的后半部分的螺栓孔与前半半部分的对其，以令其固定不动（此处较简单，不再做过多叙述），如图 12-67 所示。

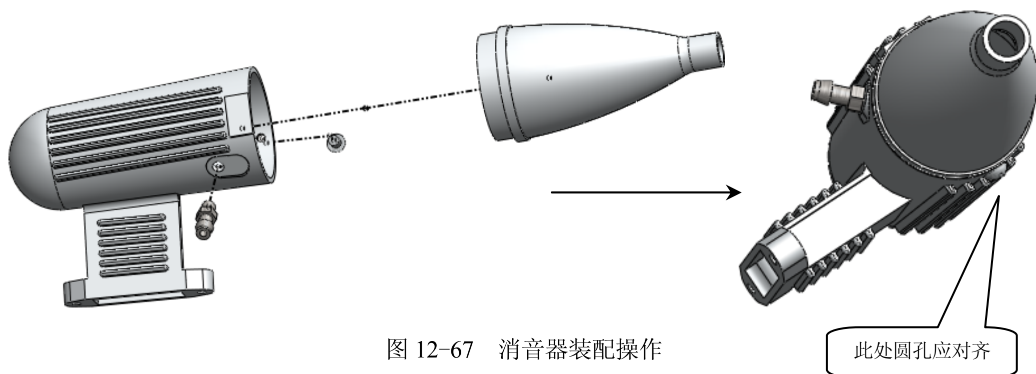


图 12-67　消音器装配操作

12.3.3 化油器装配

化油器基本上是由一系列圆柱状的零件串接而成，如图 12-68 所示，所以使用“同心”和“配合”约束即可将它们轻松装配。

此处需要注意的有两点，一是化油器本身就是一调节发动机进油量的装置，所以在串接的横向上其位置不可能完全固定，此时可无需添加确定的约束；二是化油器的一些零件间存在交叉干涉的现象，如图 12-69 所示，从其剖视图中可以看到一些紧固件间存在重叠，这些重叠实际上是零件的螺纹，可不必在意。

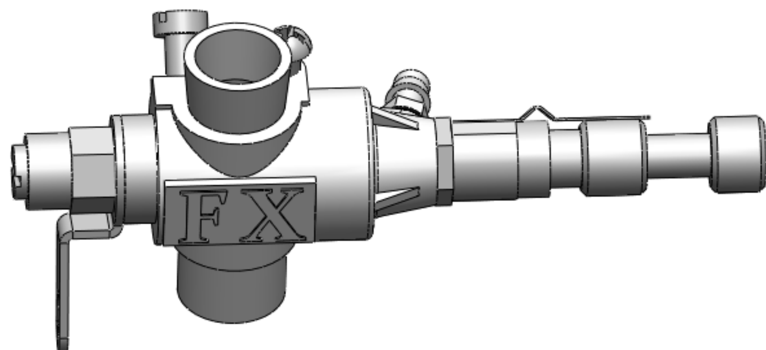


图 12-68　化油器装配图

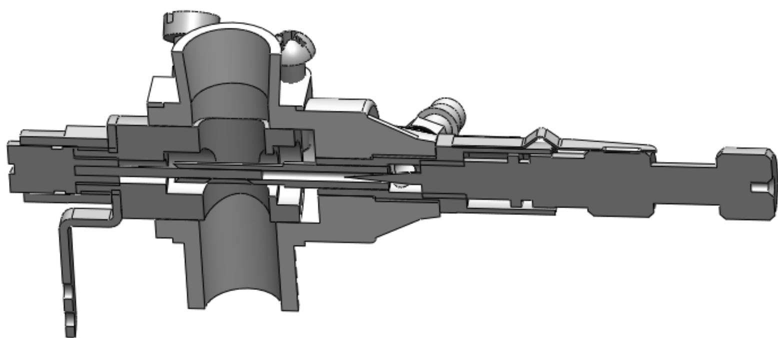


图 12-69　化油器装配的剖视图

12.3.4 模型总装

下面看一下发动机模型总的装配过程，具体如下。

STEP 1 新建装配文件，首先导入“汽缸装配.SLDASM”装配文件，然后导入“消音器装配.SLDASM”装配文件，再导入“消音器密封垫.SLDPRT”和“M3X20_螺钉.SLDPRT”并将它们装配到一起，如图 12-70 所示。

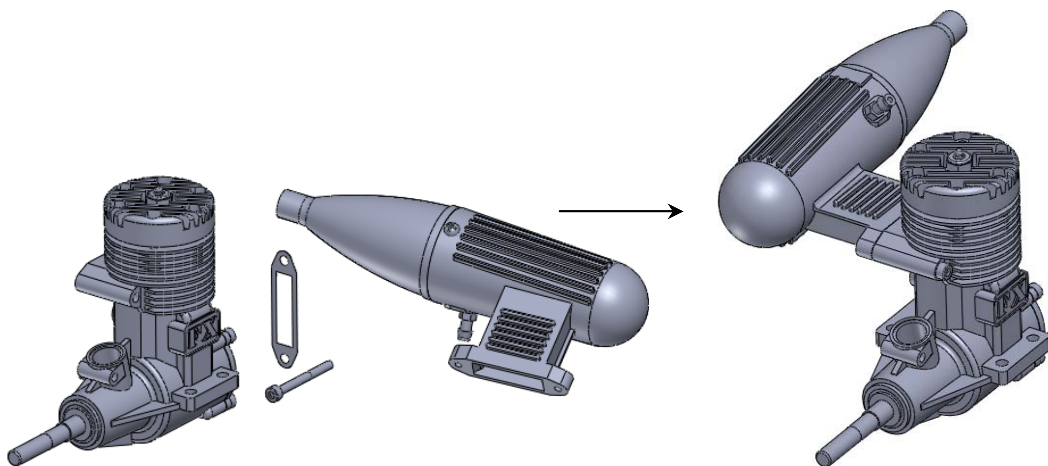


图 12-70　导入子装配文件并进行装配 1

STEP 2 接着导入"化油器装配.SLDASM"装配文件，以及"固定闩.SLDPRT"和"M3_螺母.SLDPRT"文件，然后将它们装配到一起，如图 12-71 所示。

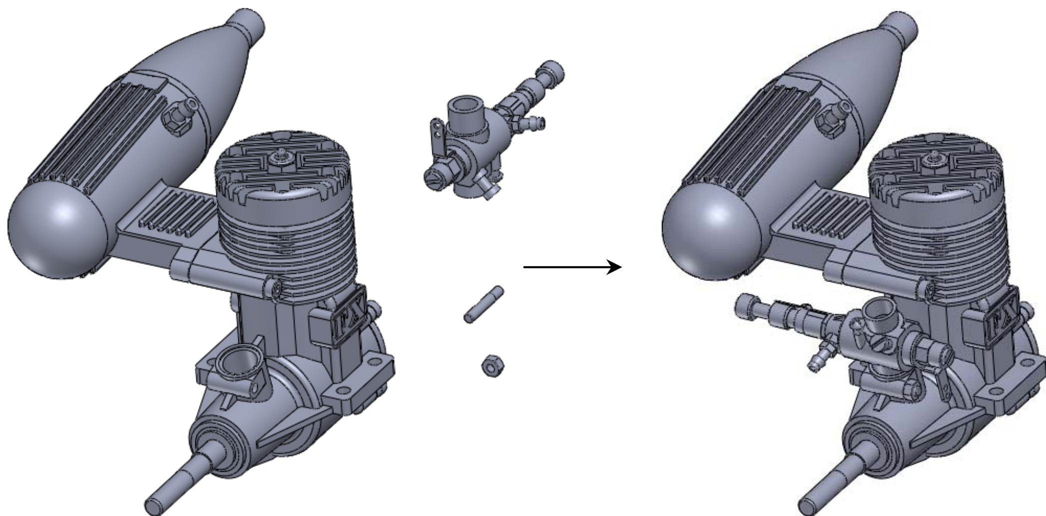


图 12-71　导入子装配文件并进行装配 2

STEP 3 接着导入螺旋桨的各个组件，并进行装配，如图 12-72 所示，完成模型的整个装配操作。

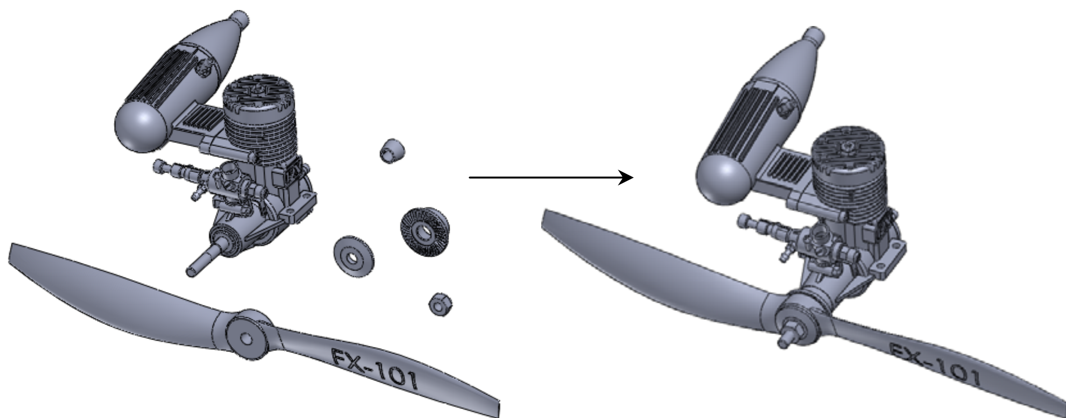


图 12-72　装配螺旋桨操作

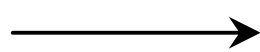
12.3.5 创建爆炸视图

下面看一下化油器子装配模型爆炸视图的创建过程，具体如下。

STEP 1 打开化油器子装配文件，单击"爆炸视图"按钮，然后选中除"燃料入口""密封垫"、"M3X6_螺钉"和"M2_5X10 螺钉"外的所有文件，再单击 Z 轴，选择令模型沿着此轴生成爆炸视图，如图 12-73 所示。

STEP 2 在打开的"爆炸"属性管理器中选中"拖动后自动调整零部件间距"复选框，单击"应用"按钮，然后拖动下面的滑块调整模型的间距，如图 12-74 所示。





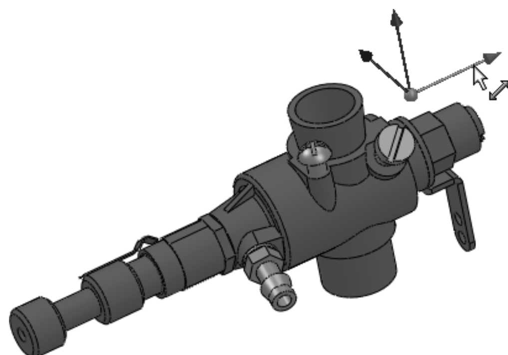
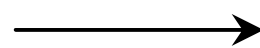




图 12-73　选择模型并设置爆炸主方向





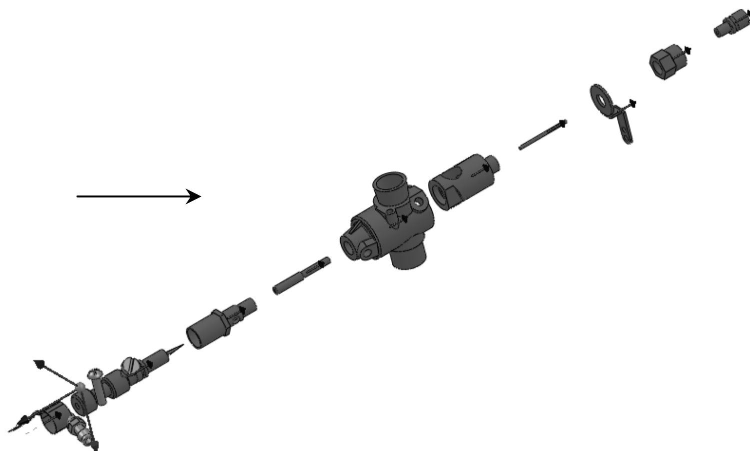


图 12-74　爆炸零件操作

STEP 3 完成上述操作后，单击“应用”按钮，然后逐个调整其他零件的位置即可，如图 12-75 所示。

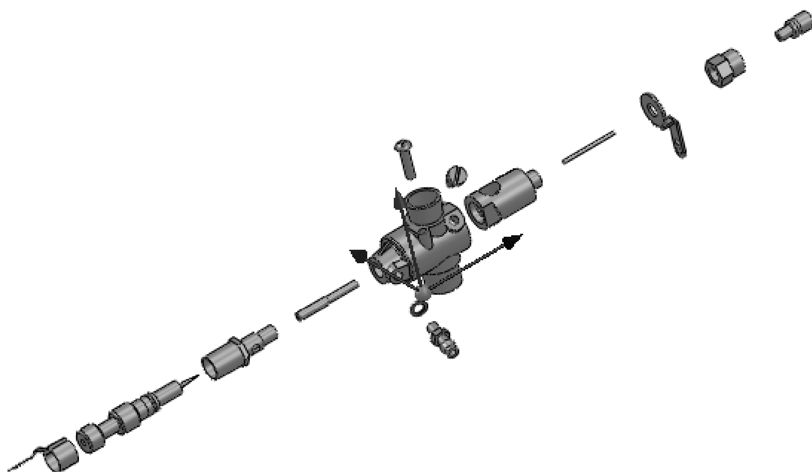


图 12-75　手动调整零件操作

STEP 4 最后单击“爆炸直线草图”按钮，用直线连接爆炸视图的各个组件，此时应注意直线的方向，如自动生成的连线无法使用可对其进行调整，最终效果如图 12-76 所示。

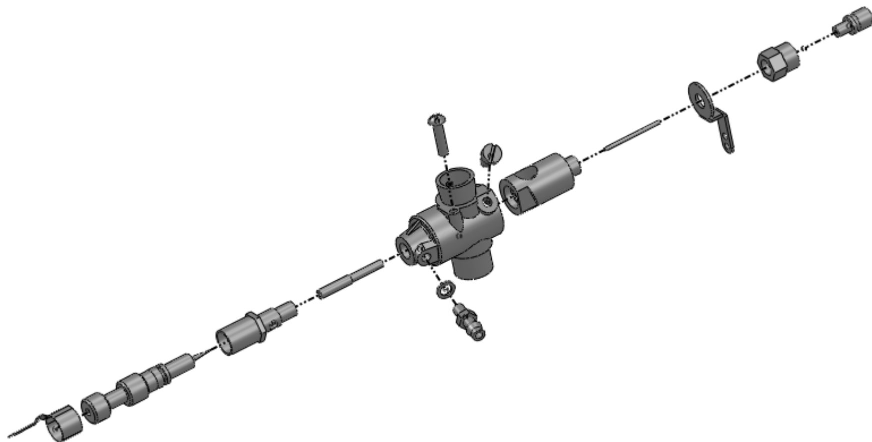


图 12-76　创建连线操作

12.4　绘制航模工程图

下面介绍一下航模发动机中，曲轴工程图和装配工程图的创建操作，在创建的过程中，除了联系工程图的操作技巧外，也应注意理解各项标注的意义。下面看一下各部分的操作。

12.4.1 创建发动机曲轴工程图

发动机的曲轴工程图如图 12-77 所示，下面看一下创建操作。

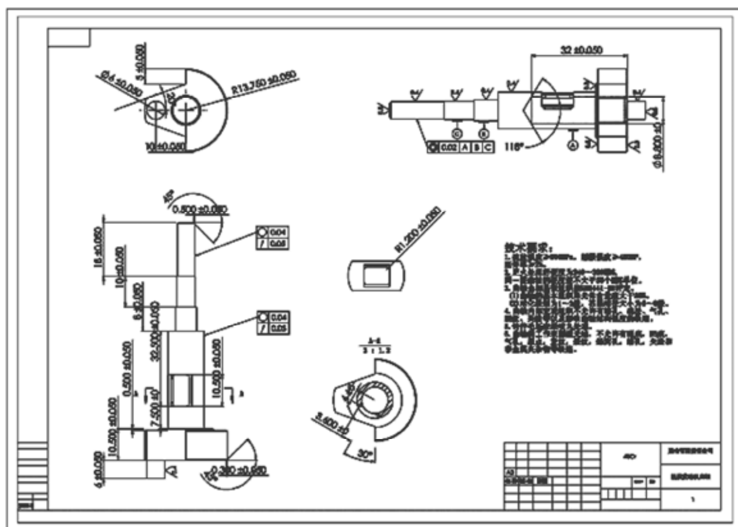


图 12-77　发动机曲轴工程图

STEP 1 新建一 A2（GB）格式的图纸，并添加“曲轴.SLDPRT”模型文件，以后视基准面为主模型视图，并创建两个投影视图，如图 12-78 所示。

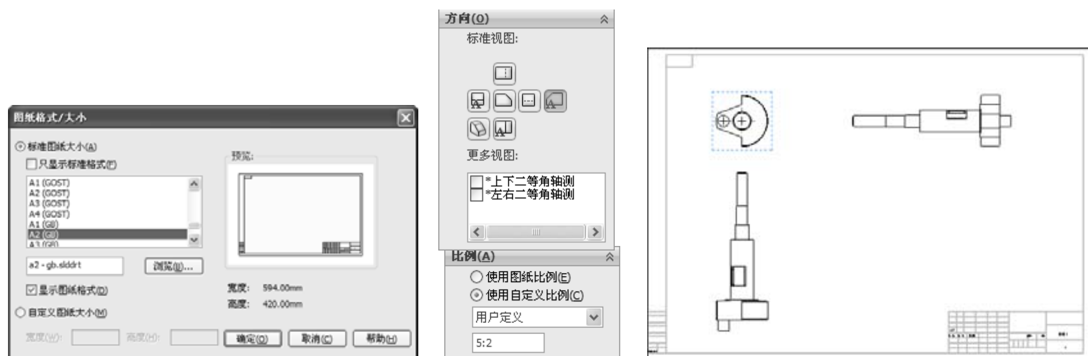


图 12-78　创建几个主要视图操作

STEP 2 单击“选项”按钮，打开“选项”对话框，设置“系统”字体、“形位公差”字体和“视图标号”字体的大小为“小二”，设置公差类型为“对称”，如图 12-79 所示。



图 12-79　设置标注尺寸以及尺寸公差操作

STEP 3 选择创建的几个视图，在右侧属性管理器中选中“输入注解”>“设计注解”复选框，为各视图添加标注，并将重复或不需要的标注删除，如图 12-80 所示。

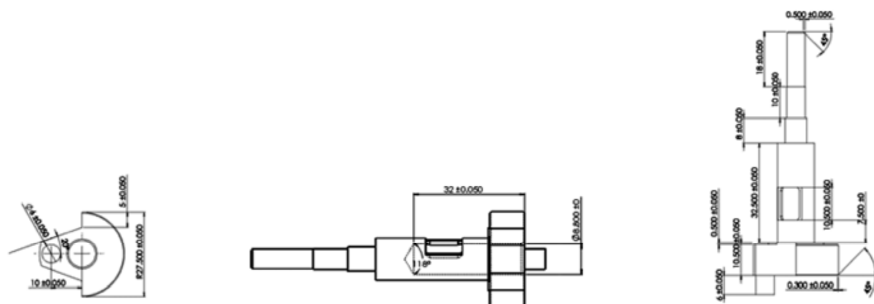


图 12-80　插入注解效果

STEP 4 以左侧投影视图为父视图，创建切割中部孔洞的剖面视图，并删除多余的模型标注，最终效果如图 12-81 所示。

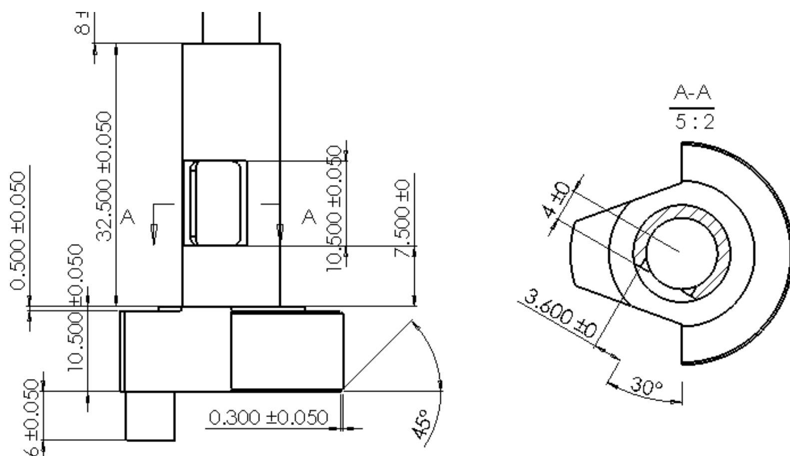


图 12-81　创建剖面视图效果

STEP 5 选择“插入”>“工程图视图”>“相对于模型”菜单，选择打开的曲柄文件的孔洞平面作为生成视图的参考面，生成垂直于孔洞的新视图，如图 12-82 所示。

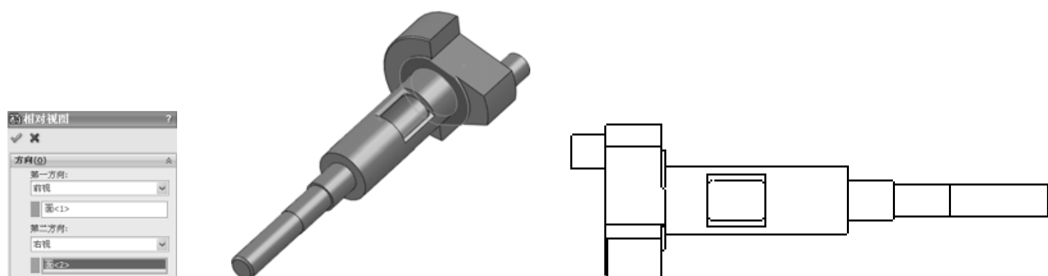


图 12-82　创建相对于模型视图效果

STEP 6 绘制一覆盖孔洞的圆，单击“剪裁视图”按钮，选择此圆对步骤 5 中创建的视图进行剪裁，并为其圆角添加标注，最终效果如图 12-83 所示。

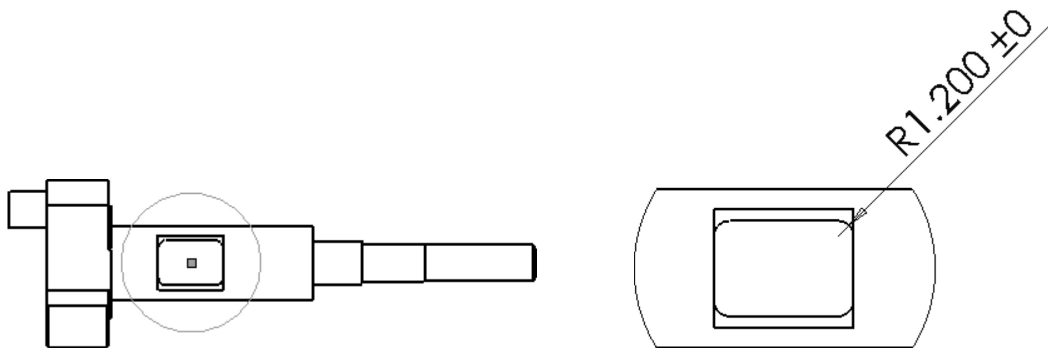
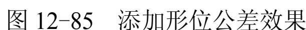


图 12-83　创建剪裁视图效果

STEP 7 单击“表面粗糙度符号”按钮，为曲柄添加不同要求的表面粗糙度，如图 12-84 所示。


图 12-84 添加表面粗糙度效果

STEP 8 单击“形位公差”和“基准特征”按钮，为曲柄的各部分添加必要的形位公差，和其对应的基准特征位置，如图 12-85 所示。


图 12-85 添加形位公差效果

STEP 9 最后为工程图添加“技术要求”，并编辑图样格式，以注明图样的出处，以及所用材料的要求等，效果如图 12-86 所示，完成整个工程图的创建。

技术要求：
1. 抗拉强度≥800MPa，屈服强度≥480MPa，延伸率≥2%。
2. 正火处理后硬度为240～320HBW，同一根曲轴的硬度差不大于50个HBW单位。
3. 曲轴金相显微组织按GB9441-88评定。
 (1)曲轴的基本组织珠光体含量应大于85%。
 (2)球化级别为1～3级，石墨球径大小为5～8级。
4. 曲轴内部宏观组织不允许有缩孔、疏松、气孔、裂纹、夹渣等以及影响曲轴结构强度的缺陷。
5. 铸件毛坯应经喷丸处理。
6. 曲轴的工作表面应光洁，不允许有碰痕，凹痕，气孔，黑点，发纹，裂纹，蜂窝孔，缩孔，夹渣和非金属夹杂物等缺陷。

40Cr
建仓有限责任公司
A2
名称 签名 日期
航模发动机曲轴
1

图 12-86 添加技术要求和编辑图纸格式效果

12.4.2 创建发动机装配工程图

航模发动机化油器的装配工程图如图 12-87 所示，下面我们就来看一下如何创建此工程图，具体如下。

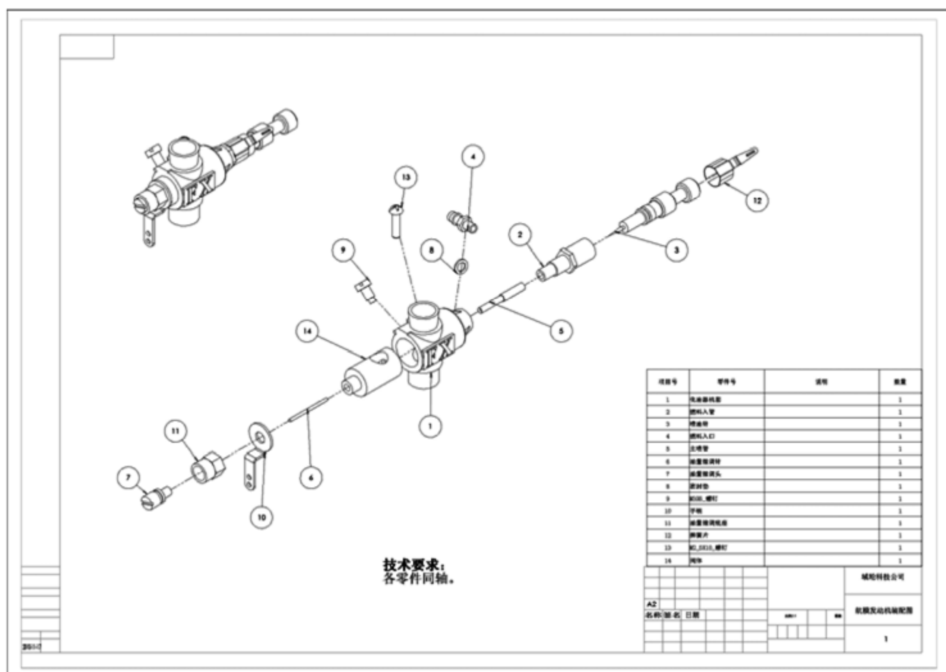


图 12-87　创建的发动机装配图效果

STEP 1 首先同样创建一 A2（GB）格式的工程图，并插入经过爆炸处理的“化油器装配.SLDASM”文件，模型方向选择“等轴侧”，比例为 2：1，如图 12-88 所示。

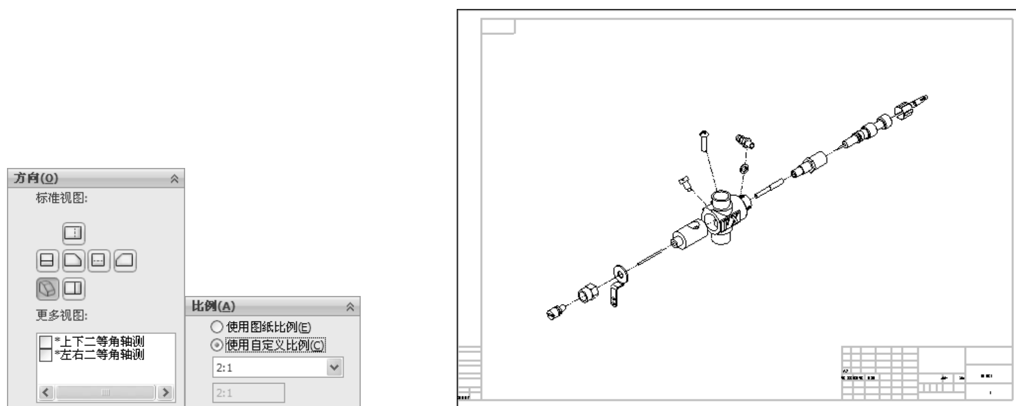


图 12-88　创建装配体等轴侧视图效果

STEP 2 打开化油器装配文件（最好是与步骤 1 不同的两个文件），并取消其爆炸视图状

态，重新插入一化油器装配图，如图 12-89 所示。

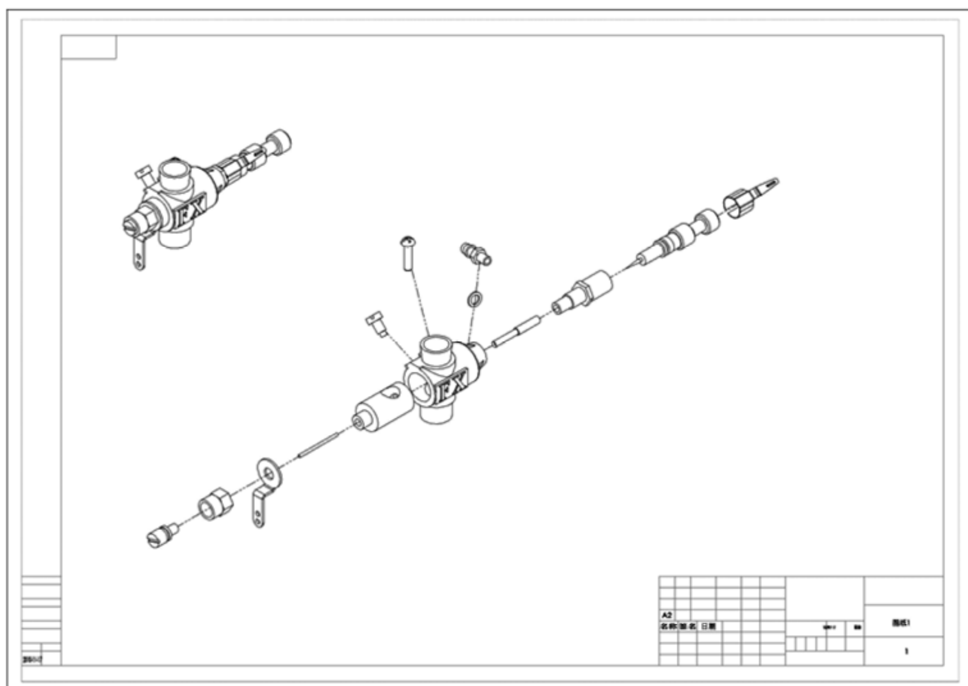


图 12-89　添加未爆炸模型视图效果

STEP 3 单击“自动零件标号”按钮，选择步骤 1 插入的视图，为各零件添加标号，如图 12-90 所示。

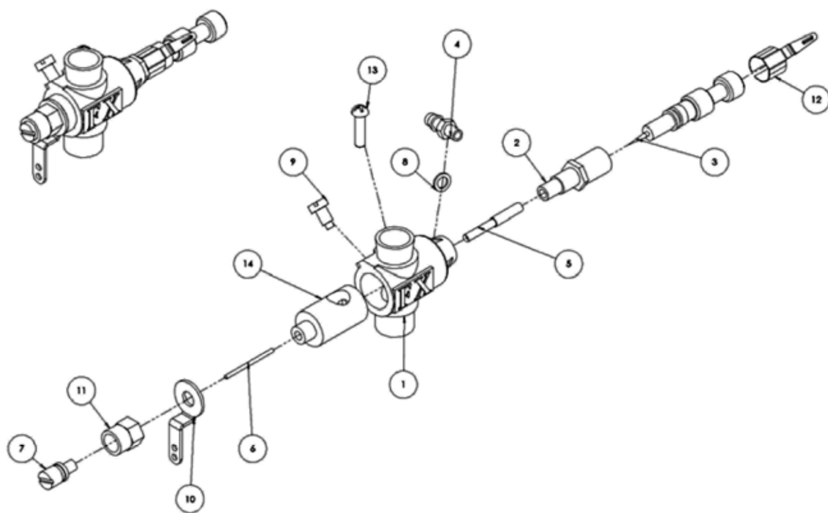


图 12-90　自动标注零件符号效果

STEP 4 最后单击“材料明细表”按钮，为图样添加材料明细表，并添加技术要求，以及编辑图样格式，完成装配工程图的创建，最终效果如图 12-91 所示。

项目号	零件号	说明	数量
1	化油器机套		1
2	燃料入管		1
3	喷油针		1
4	燃料入口		1
5	主喷管		1
6	油量微调针		1
7	油量微调头		1
8	密封垫		1
9	M3X6_螺钉		1
10	手柄		1
11	油量微调底座		1
12	弹簧片		1
13	M2_5X10_螺钉		1
14	阀体		1

技术要求：
各零件同轴。

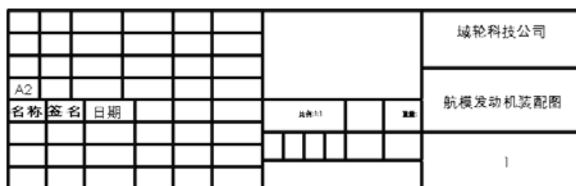


图 12-91　插入材料明细表、技术要求等效果

12.5　渲染发动机

下面我们再来了解一下发动机的简单渲染操作。

STEP 1 要渲染发动机，首先应单击“选项”>“插件”按钮，打开“插件”对话框，然后选中“PhotoWorks”复选框，如图 12-92 左图所示。

STEP 2 然后打开发动机的每一个零部件，并通过右侧的“外观/Photoworks”标签为各个部件添加不同的外观颜色（双击颜色球即可），如图 12-92 中图和右图所示。

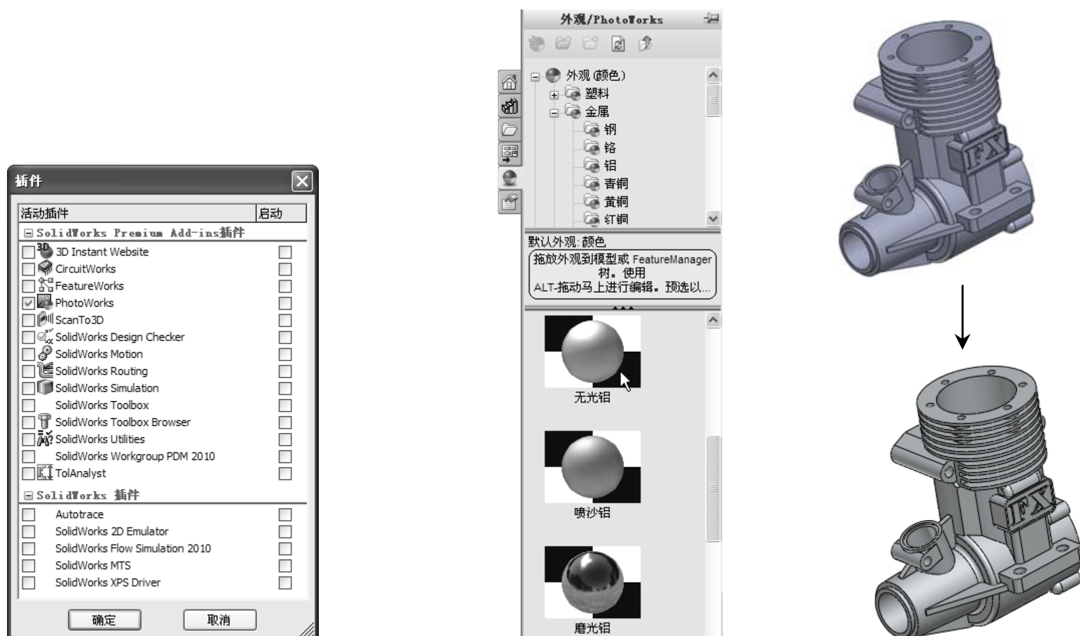
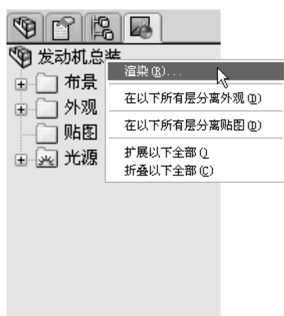


图 12-92　打开“PhotoWorks”组件以及为模型设置外观颜色操作

STEP 3 为所有部件都添加外观颜色，机匣、排气筒应根据实际材料选用“无光铝”，汽

缸盖和机匣后盖选用途刷铝，所有垫圈均为“黑色低光塑料”，活塞和黄铜轴衬为“抛光黄铜”，所有螺栓和螺母均为“碳钢”，其他部件根据实际情况选用磨光钢或碳钢即可。

STEP 4 完成所有部件外观颜色的设置后，右键单击“Rendermanager”标签下的任一选项，在弹出的快捷菜单中，选择“渲染”菜单项，即可完成对模型的渲染操作，如图 12-93 所示。



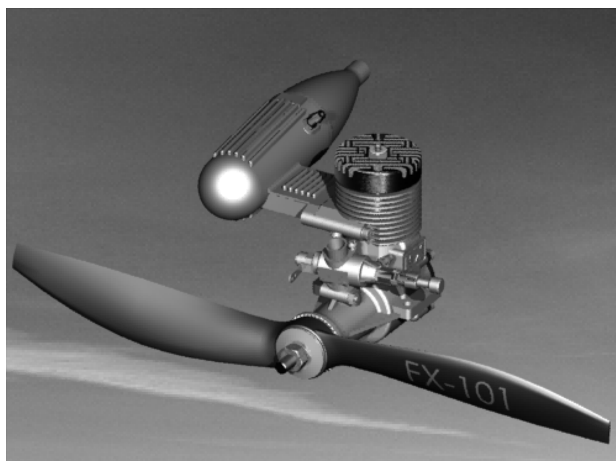


图 12-93　渲染模型效果



上面只是简单介绍了模型的一般渲染方法，在实际应用实践，还有很多选项需要进行设置，如设置房间、背景颜色、光源等，由于篇幅限制，此处不再一一介绍。详细渲染方法，可参考本系列图书的后续版本。

12.6　航模运动仿真

下面我们制作航模发动机运行时的动画，以模拟发动机气缸的运动，以及螺旋桨的运动，下面是操作过程。

STEP 1 重新打开已装配好的发动机模型，并删除“化油器”和“消音器”装配体，以及连接消音器的螺栓和密封垫，并全部另存到新的文件夹中，如图 12-94 所示。

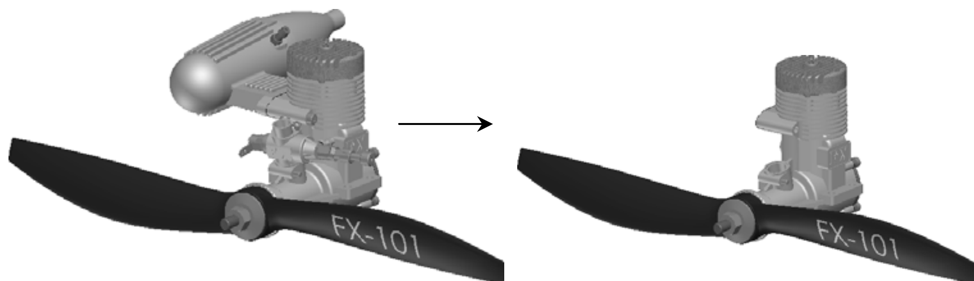


图 12-94　删除了化油器和消音器的模型

STEP 2 右击“螺旋桨轴衬”，选择“查看配合”菜单，查看其与其他模型的配合关系，然后删除其与“机匣”的重合配合关系，然后再定义其内测边线于“圆锥轴衬”的重合配合关系（以不产生干涉为标准），如图 12-95 所示。

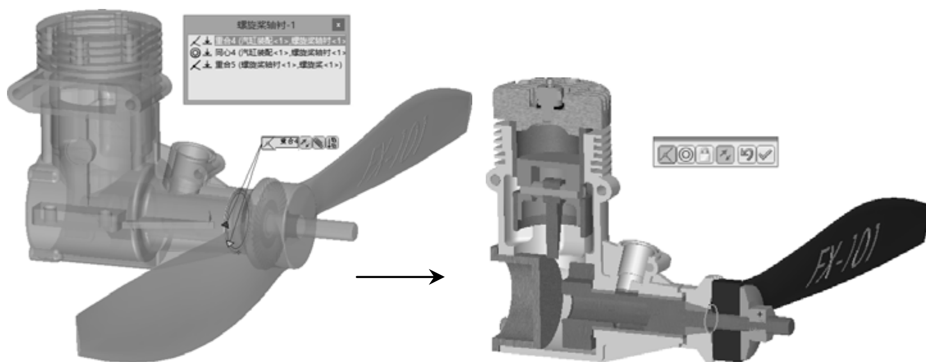


图 12-95　删除配合并重新定义配合操作

STEP 3 单击“装配”工具栏的“配合”按钮，定义“螺旋桨”相关配件两两的“锁定”配合关系，需要定义多个“锁定”配合，如图 12-96 所示。

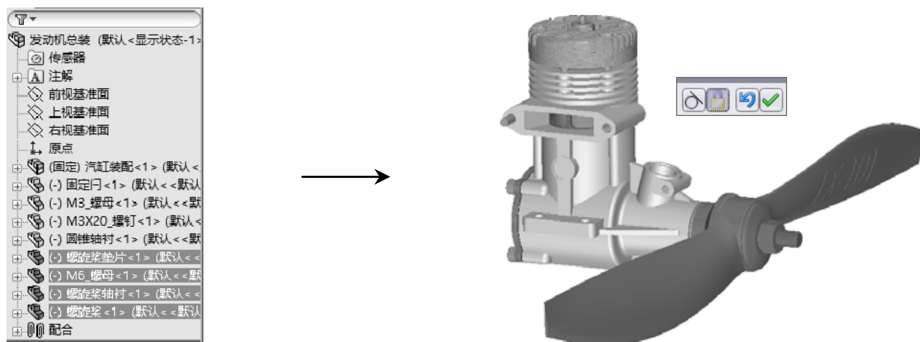


图 12-96　定义多个“锁定”配合操作

STEP 4 右击“气缸装配”装配体，选择“解算子装配体”菜单，并在打开的对话框中单击“移动”按钮，取消子装配，如图 12-97 所示。

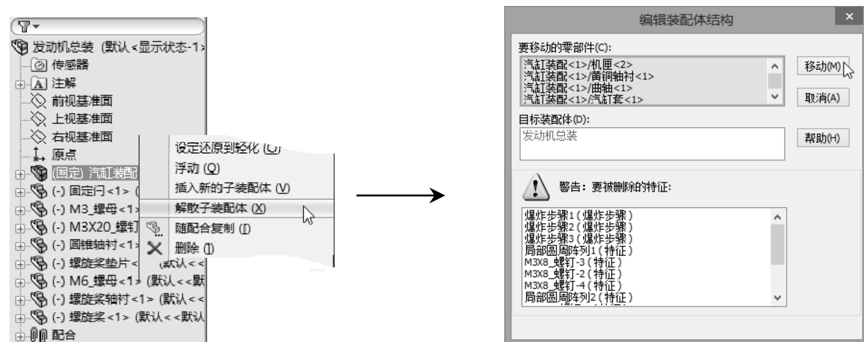


图 12-97　删除子装配操作

STEP 5 删除子装配后，阵列关系也被删除，所以重新圆周阵列，阵列出多个螺钉，如图 12-98 左图所示，并定义螺旋桨与曲轴的“锁定”配合关系，如图 12-98 右图所示。

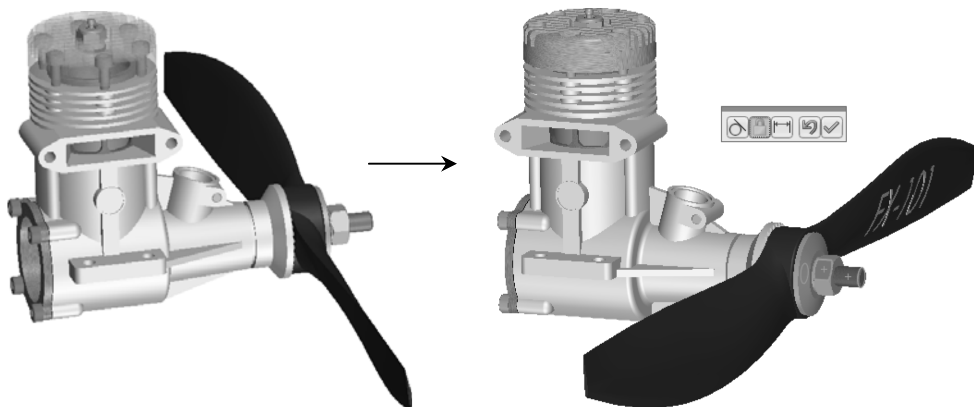


图 12-98　删除了化油器和消音器的模型

STEP 6 切换到“运动算例”环境，单击“马达”按钮，以默认设置为“曲轴”添加马达，单击“确定”按钮即可生成动画，如图 12-99 和图 12-100 所示。

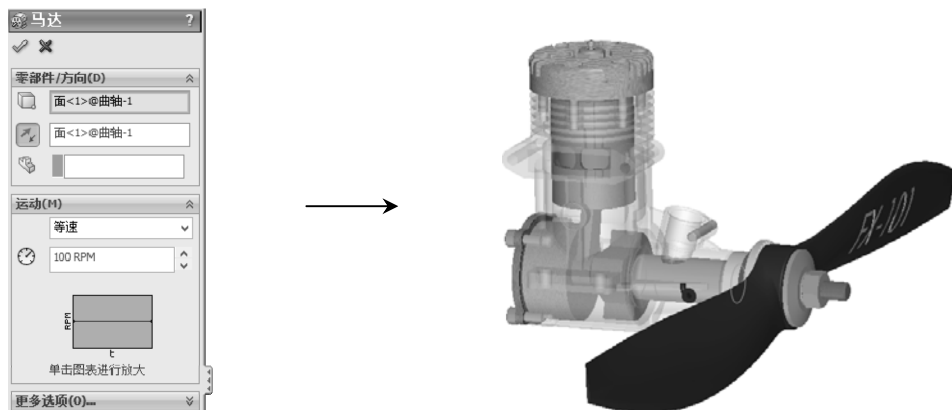


图 12-99　定义旋转“马达”操作（注意马达的旋转方向）

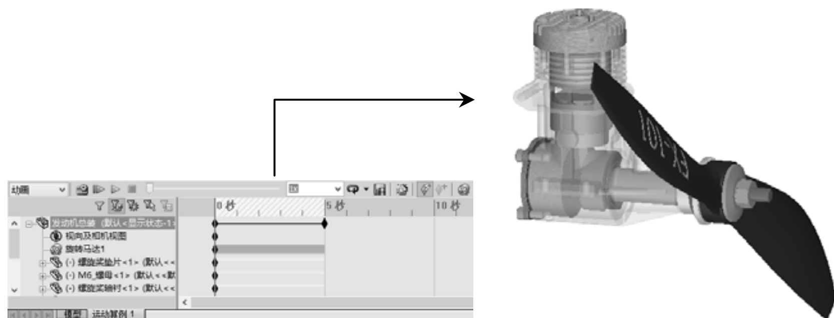


图 12-100　添加马达后的“运动算例”界面和动画效果



12.7　本章小结

本章主要介绍了航模发动机的创建过程。所谓“麻雀虽小，五脏俱全”，希望通过本章内容的学习，使读者即可以复习前面学习的建模、装配、钣金和工程图等重要内容，也能对内燃机有一个初步的了解，以为日后工作打下良好的基础。

12.8　思考与练习

一、填空题

（1）本文设计的航模发动机为常见的__________、__________，发动机模块主要由__________、________和________三部分组成。

（2）甲醇机以______为主要燃料，特点是_________，震动小，但是_________，适合小型和中型航模飞机。

（3）单缸发动机耗油少，但是不如多缸发动机_________，也不如多缸发动机______。

二、问答题

（1）何谓冲程？试叙述 2 冲程和 4 冲程的区别。

（2）试简单叙述装配“消音器”的过程。

三、操作题

尝试设计化油器组件“机套”模型，和螺旋桨组件“螺旋桨轴衬”模型，如图 12-101 所示。

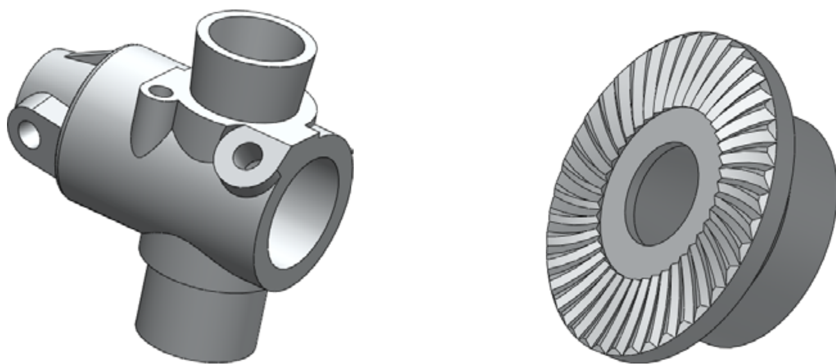


图 12-101　化油器“机套”模型和“螺旋桨轴衬”模型

在线互动交流平台

官方微博：http://weibo.com/cmpjsj
豆 瓣 网：http://site.douban.com/139085/
读者信箱：cmp_itbook@163.com

SolidWorks 2013 机械设计从入门到精通 第2版






SolidWorks系列
AutoCAD系列
Creo系列
UG系列
CATIA系列
MATLAB系列
ANSYS系列
Mastercam系列

SolidWorks系列已出版

- SolidWorks 2013机械设计从入门到精通 第2版
- 机械工程师之路 — SolidWorks 2013高手速成手册
- SolidWorks 2012中文版完全自学手册
- SolidWorks 2012中文版曲面•钣金•焊接设计完全自学手册
- SolidWorks 2012中文版机械设计完全自学手册
- SolidWorks 2011中文版数字样机技术及其应用实例（入门与提高）
- SolidWorks 2011机械设计完全实例教程
- SolidWorks 2010机械设计从入门到精通
- SolidWorks 工程制图与管路实例解析
- SolidWorks 2007 中文版模具设计

地址：北京市百万庄大街22号
邮政编码：100037
电话服务
社服务中心：010-88361066
销售一部：010-68326294
销售二部：010-88379649
读者购书热线：010-88379203
网络服务
教材网：http://www.cmpedu.com
机工官网：http://www.cmpbook.com
机工官博：http://weibo.com/cmp1952
封面无防伪标均为盗版

上架指导 计算机/辅助设计
ISBN 978-7-111-44546-3
策划编辑◎ 张淑谦 / 封面设计◎





定价：82.00元（含1DVD）